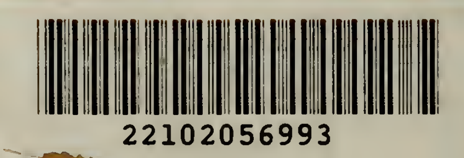

22102056993



ZUR MORPHOLOGIE

DER

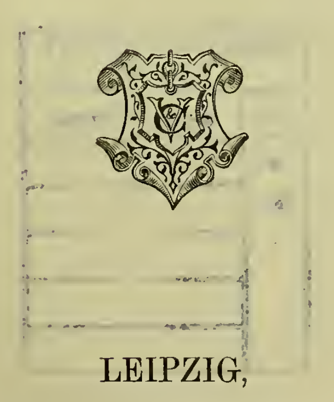
SPALTPFLANZEN

(SPALTPILZE UND SPALTALGEN)

VON

DR. W. ZOPF,
DOCENTEN AN DER UNIVERSITÄT UND DER LANDWIRTHSCHAFTLICHEN
HOCHSCHULE ZU BERLIN.

MIT SIEBEN TAFELN.



LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1882.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorwort.

Ausgangspunkt und Ziel der Untersuchung.

Auf dem Gebiet der Spaltpilzkunde herrscht seit längerer Zeit eine bedeutsame, die Botaniker, Mediciner und Physiologen gleichmässig interessirende Streitfrage: die Frage nach dem gegenseitigen morphologischen Verhältniss der zahlreichen heterogenen Spaltpilzformen, die unter den Bezeichnungen *Micrococcus*, *Bacterium*, *Bacillus*, *Leptothrix*, *Cladothrix*, *Vibrio*, *Ophidomonas*, *Spiromonas*, *Spirillum*, *Spirochaete*, *Monas* u. s. f. allbekannt sind.

Nach der einen Hypothese hat man diese Formen als blosse Entwickelungszustände von Spaltpilzen aufzufassen. Als Hauptvertreter dieser Ansicht fungiren Billroth [1], Nägeli [2], Cienkowski [3] und Ray Lankaster [4]. Auch Warming [5] scheint sich ihr zuzuneigen.

Nach der anderen Anschauung dagegen sind jene Formen durchaus selbständige Pflanzen ohne morphogenetischen Zusammenhang. Sie findet in Cohn [6], Koch [7] und Van Tieghem [8] Vertreter und gewann in relativ sehr weitgehenden generischen und specifischen Unterscheidungen einen concreten Ausdruck.

Der mit höchst anerkennenswerthem Fleiss und Ausdauer unternommene Versuch einer wissenschaftlichen Begründung durch Billroth musste leider an dem Mangel einer exacten Untersuchungsmethode scheitern. Glücklicher war Cienkowski, dem es gelang, den genetischen Zusammenhang einiger der genannten Spaltpilzformen, nämlich

---

[1] Ueber die Vegetationsformen der *Coccobacteria septica*. Berlin 1874.

[2] Niedere Pilze p. XIV. No. 4: „Jede Spaltpilzspecies tritt in mehreren morphologisch und physiologisch verschiedenen Formen auf, welche durch die äusseren Verhältnisse rasch oder langsam in einander umgewandelt werden.“

[3] Zur Morphologie der Bacterien. Petersburg 1877.

[4] On a peach-coloured Bacterium. Quart. Journ. of microscop. science. Ser. II. vol 13. 1873.

[5] Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bacterier in Vidensk. Meddels. fra den naturhistoriske Forening i Kjöbenhavn 1875. Französisches Resumé. p. 34.

[6] Untersuchungen über Bacterien in Beiträge zur Biologie.

[7] Zur Untersuchung von pathogenen Organismen (in: Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte. Berlin 1881) p. 30.

[8] Sur la gomme de sucrerie; Ann. des sc. nat. 6. serie. tom 7. p. 190.

von *Micrococcen*, *Bacillen* und *Leptothrix* wirklich festzustellen. Allein da seine Untersuchungen einseitig blieben, d. h. sich nicht auf die morphologische Bedeutung der übrigen Spaltpilzformen, namentlich *Vibrio-*, *Spirillen-*, *Ophidomonas-*, *Spirochaeten*form etc. ausdehnten, auf deren Selbständigkeit namentlich Cohn und seine Anhänger stets und mit Recht einen Hauptton legten, und da ferner eine Bestätigung der obigen Beobachtungen von anderer competenter Seite unterblieb, so war es erklärlich, wenn die Resultate Cienkowski's nicht nur als eine unzureichende Stütze für die vorbezeichnete Theorie angesehen, sondern von den Vertretern der zweiten Ansicht sogar in ihrer Richtigkeit bezweifelt [1], ja gänzlich ignorirt wurden.

Angesichts dieses Widerspruchs der Meinungen erscheint es dringend geboten, die Frage nach dem genetischen Zusammenhang der verschiedensten Spaltpilzformen von Neuem aufzunehmen, nicht nur um die Cienkowski'schen Beobachtungen einer Prüfung zu unterziehen, sondern auch um die morphologische Bedeutung der bisher noch nicht erforschten Formen an der Hand einer zuverlässigen Methode zu ermitteln und damit eine längst gefühlte Lücke in der Spaltpilzkenntniss auszufüllen.

Ich habe seit längerer Zeit dahin abzielende Untersuchungen unternommen — und zwar an den höchst entwickelten Spaltpilzformen *Cladothrix*, *Crenothrix* und *Beggiatoa*, weil diese von vornherein ein befriedigendes Resultat zu versprechen schienen — sodann aber auch an anderen Spaltpilzen wie *Spirochaete plicatilis* und *Myconostoc* und bin zu einem unerwartet günstigen Ergebniss gelangt, das einerseits die Cienkowski'schen Beobachtungen über den genetischen Zusammenhang von *Micrococcen*, *Stäbchen* und *Leptothrix* als vollkommen richtig bestätigt, andererseits aber — und dieses Moment ist besonders zu betonen — die *Vibrio-*, *Spirillum-*, *Spirochaete-*, *Ophidomonas*artigen etc. Formen, deren morphologische Bedeutung sich bisher der Erkenntniss vollkommen entzog, als blosse Entwickelungsstadien von Spaltpilzen erscheinen lässt.[2]

---

[1] So von Van Tieghem l. c. p. 190: „L'ensemble des vues exposées par M. Cienkowski dans un autre mémoire (Zur Morphologie der Bacterien) ne me paraît pas conforme à la vérité."

[2] Vgl. eine Mittheilung in den Monatsberichten der Berliner Akademie vom März 1881: Ueber den genetischen Zusammenhang von Spaltpilzformen. Längere Zeit vor Publication dieser Resultate hat F. Neelsen in seinen Studien über die blaue Milch (Cohn's Beiträge. Bd. III. Heft II) unter Anderen morphologische Beobachtungen über *Bacterium cyanogenum* (Fuchs) veröffentlicht, aus welchen mit Sicherheit hervorgeht, dass dieser Pilz ausser der Stäbchenform auch noch eine andere, die Coccenform, producirt. Ich hebe dieses Resultat nur deshalb hervor, weil Cohn und Schröter gerade für die chromogenen Spaltpilze auf Grund von Culturversuchen annehmen, dass sie nur eine einzige Entwickelungsform produciren.

Vor Kurzem hat W. Miller die Theorie vom genetischen Zusammenhang der Spaltpilzformen an einem pathogenen Spaltpilz (der die Zahncaries hervorrufenden *Leptothrix buccalis*) geprüft und gefunden, dass auch für dieses Object mit höchster Wahrscheinlichkeit ein Zusammenhang von Micrococcen, Stäbchen, Leptothrix und Schraubenformen besteht. Ich selbst habe mich an meisterhaft dargestellten Zahnpräparaten des Herrn Miller vollkommen überzeugt, dass seine Annahme richtig ist. Schon früher wurde übrigens von Max Wolff der genetische Zusammenhang von Coccen und Stäbchen für *Bacterium Termo* gefunden.

Infolge dieser Ergebnisse dürfte die bisher herrschende Streitfrage über den morphologischen Werth der Spaltpilzformen in der Hauptsache als entschieden zu betrachten sein und zwar zu Gunsten der an erster Stelle bezeichneten Hypothese.

Es wird sich nunmehr die bisher durchaus berechtigte, namentlich auch in medicinischen Kreisen viel Anerkennung geniessende Ansicht Cohn's im Princip nicht mehr halten lassen; und da dieselbe der heutigen Systematik zur ausschliesslichen Grundlage dient, so dürften auch in dieser gewisse Veränderungen Platz greifen, natürlich nur dann erst, sobald eine grössere Anzahl von Spaltpilzgewächsen auf ihre Entwickelungsgeschichte genauer untersucht sein wird.

Nach den Untersuchungen Cohn's, Koch's, Brefelds, Prazmowski's u. A. an Bacillus- und Clostridiumartigen Spaltpilzen, ferner nach den Untersuchungen von Tieghem's und Cienkowski's *Leuconostoc mesenterioïdes*, sowie nach eigenen Beobachtungen ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass einzelne Spaltpilze nur eine sehr beschränkte Zahl von Entwickelungsformen, oder auch nur eine einzige besitzen.

Die Annahme Billroth's und Lankaster's, dass alle Spaltpilzformen nur einer einzigen naturhistorischen Art oder Gattung zugehören, lässt sich nicht aufrecht erhalten. Die folgenden Untersuchungen werden den Beweis liefern, dass zu einer generischen und specifischen Unterscheidung bei den Spaltpilzgewächsen sicher ebenso viel Berechtigung vorhanden ist, wie bei den Spaltalgen, für die Niemand die Möglichkeit einer solchen Unterscheidung bezweifeln wird.

Die Objecte, welche zur Untersuchung gelangten, sind überall gemeine Pflanzen, und so wird Jedem, der die erforderlichen Vorkenntnisse besitzt, die Möglichkeit geboten, meine Beobachtungen zu wiederholen und sich ein selbständiges Urtheil in der Spaltpilzfrage zu bilden.

Neben dem rein wissenschaftlichen dürften die Untersuchungen auch noch ein practisches Interesse bieten.

Die hier behandelten Pflanzen treten nämlich in den Reservoirs und den Leitungen der Wasserwerke, in Drainirröhren, in den Abwässern der Fabriken (namentlich Zuckerfabriken) etc. als oft ganz beträchtliche Verunreinigungen auf. Sie verderben das Wasser oft bis zu dem Grade, dass es nachweislich verschiedene, auf reines Wasser angewiesene Industriezweige ganz erheblich benachtheiligt, unter Umständen die Fischzucht schädigt, und vielleicht auch die Gesundheit der Menschen zu gefährden im Stande ist. Gegen diese Uebelstände lässt sich offenbar nur dann erst erfolgreich ankämpfen, wenn eine genauere Kenntniss jener pflanzlichen Verunreinigungen gewonnen wird, und zu dieser Kenntniss sollen die folgenden Darlegungen einen weiteren Beitrag liefern.[1]

---

[1] Ein früherer Beitrag wurde in meinem Schriftchen „Entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen über *Crenothrix polyspora*, die Ursache der Berliner Wassercalamität.“ Berlin bei Springer, gegeben.

Die Untersuchungen wurden sodann noch auf ein weiteres, in das Gebiet der Algologie hineinfallendes Feld ausgedehnt, nämlich auf die Entwickelungsgeschichte der Spaltalgen.

Es stellte sich hierbei das wichtige Ergebniss heraus, dass diese Algen eine viel nähere Verwandtschaft mit den Spaltpilzen besitzen, als man bisher geglaubt hat.[1]

Die Aufdeckung dieser näheren verwandtschaftlichen Beziehungen dürfte vielleicht im Stande sein, einen neuen wichtigen Impuls für die Erforschung der Spaltalgen zu geben, sowohl nach der morphologischen, als nach der physiologischen Seite hin.

Berlin, im März 1882.

[1] Dieses Resultat wurde vor Kurzem im Botanischen Centralblatt, Bd. IX. No. 2 kurz mitgetheilt.

I. Zur Morphologie der Spaltpilze.

I.

Cladothrix dichotoma (Cohn).

Nach den vorhandenen Angaben über das Vorkommen und die Verbreitung der Pflanze[1] könnte es leicht den Anschein gewinnen, als ob man es mit einer Rarität zu thun habe. Es sei daher auf Grund mehrjähriger Beobachtung ausdrücklich betont, dass die *Cladothrix* eine der allergemeinsten Pilzformen darstellt, die überhaupt existiren. Was der gemeine Brodschimmel *(Penicillium crustaceum)* unter den aërophyten Schimmelpilzen, das ist die *Cladothrix dichotoma* unter den wasserbewohnenden Pilzformen, und man darf sie geradezu als den „Wasserpilz“ par exellence bezeichnen. Es giebt wohl kaum ein stagnirendes oder fliessendes Gewässer, in dem nicht irgendwelche organische Körper faulten, und überall an solchen Fäulnissstätten, mögen sie nun mehr begrenzter oder ausgedehnter Natur sein, wird jemals die Anwesenheit dieses Saprophyten vermisst.

In den Umgebungen Berlins z. B. kann man ihn in Tümpeln, Wassergräben, Teichen, in der kalten sowohl wie in der warmen Jahreszeit stets reichlich antreffen, namentlich an Stellen, wo Algen und andere Wasserpflanzen sich anhäufen, um allmählich in Fäulniss überzugehen. Aber auch in Flussläufen, wie in der Spree und Havel ist er überall an lebenden und todten Gewächsen allerart, an faulen Cadavern etc. zu finden, insbesondere auch zwischen der Algenvegetation. Namentlich reich an *Cladothrix*-Vegetation zeigte sich die oberste Schicht der durch Berlin gehenden und vieles Kloakenwasser aufnehmenden Kanäle und vor allen Dingen der Schlamm des stinkenden Panke-Flüsschens. Im Verein mit *Crenothrix* ruft der in Rede stehende Pilz seit einigen Jahren in der Wasserleitung Berlins bedeutende, die Industrie und vielleicht auch die Gesundheit der Bewohner schädigende Verunreinigungen hervor, erregt also neben dem rein wissenschaftlichen auch noch ein praktisches Interesse.[2]

Die beträchtlichen Schlammmassen, welche sich auf dem Boden der Reservoire ablagern, bestehen zu einem wesentlichen Theile aus den vegetativen Zuständen beider

---

[1] Cohn, Beiträge zur Biologie I, Heft III, p. 185. — Cienkowski, Zur Morphologie der Bacterien.

[2] Vgl. W. Zopf, Entwickelungsgeschichtliche Untersuchung über *Crenothrix polyspora*. Zur Zeit der Abfassung dieser Schrift war mir nur *Crenothrix* als Verunreiniger des Berliner Wassers bekannt. Nach Cienkowski's mündlichen Mittheilungen tritt die *Cladothrix* in den Wasserleitungen Russlands viel intensiver auf, als *Crenothrix*.

Pflanzen. Einen wesentlichen Antheil hat *Cladothrix* auch an den durch Pilzvegetation hervorgerufenen Verunreinigungen mancher Fabrikwässer, besonders der Abwässer der Zuckerfabriken, in denen sie sich oft in bedeutender Menge vorfindet, gewöhnlich im Verein mit *Beggiatoen*. In grossen Gefässen auf langsam absterbenden Fadenalgen (*Spirogyren, Cladophoren, Vaucherien* etc.) cultivirt, lässt sich der Saprophyt schnell zu üppigster Entwickelung bringen, sodass er sein Substrat in dünnen schleimigen Häuten oder Rasen überzieht. An der Oberfläche von Schlamminfusionen und Wurzelaufgüssen, z. B. der Saubohne (*Vicia Faba*), werden binnen kurzer Frist grosse dicke Kahmhäute gebildet, die ganz aus *Cladothrix* bestehen können. Ich sah die Pflanze ferner in einer *Vallisnerien*-Cultur in solcher Ueppigkeit auftreten, dass ihre Räschen die absterbenden Blätter auf mehr als spannenlange Strecken mit einem dichten schmutzig-weisslichen Ueberzuge von 1—3 Millimeter Höhe vollständig einhüllten (Taf. 1, Fig. 1). Todte Insekten, wie z. B. Küchenschaben, Mehlwürmer, ferner auch Fischeier, Fleischstücke wurden beim Liegen in cladothrixhaltigem Wasser von noch üppigeren Rasen vollständig umkleidet.

In eisenhaltigem Wasser nehmen die Rasen allmählich gelbliche bis braune Färbung an, und machen so den wegen seiner Zartheit leicht übersehbaren Pilz zu einem sehr augenfälligen Object. Man findet oft Bäche und Abflüsse von Quellen etc. an Stellen, wo eine Stagnation des Wassers erfolgt, total von den rostfarbigen Schleimmassen des Spaltpilzes angefüllt, wie ich das erst noch im letzten Jahre bei Charlottenburg und bei Suderode am Harz beobachtete.

Was den Habitus des Pilzes betrifft, so bietet derselbe im Jugendzustande nichts Bemerkenswerthes, da er, wie auch andere Spaltpilze, nur einfache festsitzende Fäden darstellt, die schon Kützing sah und als *Leptothrix parasitica* beschrieb (Taf. 1, Fig. 2 *C*). Um so charakteristischer muss der habituelle Charakter erwachsener Pflanzen erscheinen infolge der bei keinem anderen bekannten Spaltpilz[1] auftretenden eigenthümlichen Zweigbildung (Taf. 2, Fig. 1). Bleiben die Pflanzen während ihres Wachsthums vor Störungen, wie sie durch starke Bewegungen des Wassers oder durch hin und her jagende kleine Wasserthierchen bewirkt werden, hinreichend geschützt, so bildet jedes Individuum ein förmliches Verzweigungssystem. So trifft man denn nicht selten äusserst üppige, baumförmige Individuen von noch viel grösserer Ausdehnung als das in Taf. 1, Fig. 2 *A* und *B* dargestellte, an sich schon recht stattliche Exemplar: Pflanzen, die man auf den ersten Blick wohl eher für ein einzelnes Zweigsystem eines Schimmelpilz-Myceliums, denn für ein Spaltpilzgewächs halten möchte. In dem Cohn'schen Namen *Cladothrix* findet daher der habituelle Charakter des Pilzes jedenfalls einen passenden Ausdruck. Beachtenswerth erscheint das Auftreten der Pflanze in schleimigen, zopfartigen, oft über 1 cm langen Strängen, wie es namentlich in fluthenden Schmutzgewässern häufig vorzukommen pflegt und auch in den Culturen von mir beobachtet wurde. Ueber die interessante Entstehungsgeschichte dieser sonderbaren Complexe werden spätere auf die Zoogloeenbildungen bezügliche Darlegungen klaren Aufschluss geben. Betreffs des morphologischen Aufbaues der Pflanze besitzen wir schon von Cohn, ihrem Entdecker, in Wort und Bild einige Andeutungen[2], die sich im Wesentlichen darauf beschränken, den Charakter der Ver-

---

[1] Man vergleiche, was ich später über *Streptothrix* bemerkt habe.

[2] Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. I. Heft III. p. 185. Tab. V. Fig. 8.

zweigung zu präzisiren. CIENKOWSKI[1] nahm darauf Gelegenheit die Pflanze genauer zu untersuchen, wobei er die wichtige Thatsache feststellte, dass sie aus Stäbchen bestehe, die durch weitere Theilung in *Micrococcen* übergehen. Er führte auch den Nachweis, dass letztere wiederum zu gestreckten Gliedern auswachsen.

Ob die Pflanze weitere Entwickelungsphasen durchmache und welche, wurde seither nicht festgestellt, sodass, wie CIENKOWSKI ganz treffend bemerkt, die Entwickelungsgeschichte der *Cladothrix dichotoma* „noch sehr fragmentarisch" erscheint.

Die folgenden Darlegungen versuchen zwar speciell die letzteren Fragen zu lösen, wollen aber auch die bereits untersuchten Entwickelungsstadien nochmals und zwar genauer ins Auge fassen und so möglichst den gesammten Entwickelungsgang der Pflanze im Zusammenhang festzustellen versuchen.

Micrococcen- und Stäbchenformen.

Die Pflanze bildet *Micrococcen.* Wie diese Bildung erfolgt, soll später ausführlich dargelegt werden. Die Form der Zellchen ist kugelig (Taf. 1, Fig. 7*a*), der Durchmesser minimal, dem das *Micrococcus prodigiosus* gleichkommend oder höchstens doppelt so gross, ihre Membran von einem äusserst zarten Gallerthof umgeben. Sie erscheinen farblos und zeigen ein nur geringes Lichtbrechungsvermögen des gleichmässigen Inhalts.

Da sie von anderen Micrococcusformen äusserlich durchaus nicht zu unterscheiden sind, so bedurfte es besonderer, wenn auch ganz einfacher Massnahmen, um sich zu vergewissern, ob das Material, von dem die Beobachtungen ausgingen, auch wirklich der *Cladothrix* entstamme. Es muss hier anticipirt werden, dass die *Micrococcen* aus den später zu beschreibenden Scheiden der Pflanze austreten und sich in Häufchen vor der Mündung ansammeln. Ich cultivirte nun Cladothrixpflanzen in frischem Sumpfwasser in einem besonderen Culturapparat[2], liess die Micrococcen austreten und beobachtete je ein Häufchen derselben, das ich unter dem Microscop fixirt hatte (Taf. 1, Fig. 7*a*) etwa 24—48 Stunden. Das Ergebniss dieser Cultur bestand darin, dass sich die Micrococcen durch Streckung zuerst in kurze (Fig. 7*b*) und dann in längere (Fig. 8*b*) Stäbchen umwandelten, von denen während der Cultur einige verschwanden, weil sie Schwärmbewegung annahmen.

Unter gewissen Verhältnissen endlich wuchsen die Micrococcen zu längeren Stäbchen aus, die nicht in den Schwärmzustand eintraten, sondern durch fortgesetzte Verlängerung und Quertheilung in Fäden übergingen. (Taf. 1, Fig. 10. Vergleiche auch Taf. 2, Fig. 18).

[1] Zur Morphologie der Bacterien.

[2] Dieser Apparat besteht aus einem nur wenige Millimeter hohen Glasgefäss, das nach oben durch eine festgekittete Glasplatte verschlossen ist. Es dient als Objectträger. Der Boden ist von einem Loch durchbohrt, in welches eine Glas- oder Metallröhre eingefügt wird. Letztere ist durch einen Kautschukschlauch mit einem Nährflüssigkeit enthaltenden Gefäss verbunden. Von diesem aus fliesst durch den Schlauch und durch den Objectträger hindurch ein beständiger Strom der Flüssigkeit, die auf der anderen Seite des Trägers durch eine Oeffnung wieder abläuft. Die obere Platte des Objectträgers ist gleichfalls von einem 2 mm weiten Loch durchbohrt, durch welches das Wasser unter das über dem Loch gelegene Deckglas treten kann. Da der vorher mit Nährstoffen beladene Wasserstrom beliebig regulirt und Tage, ja Wochen lang, gleichmässig unterhalten werden kann, so wird es, wenn auch nicht in allen Fällen, möglich, Objecte, wie das obige, ziemlich lange continuirlich zu beobachten und ihre Entwickelungsgeschichte festzustellen. Eine Abbildung dieses Apparates wird an anderer Stelle gegeben werden.

Leptothrixform.

Diese anfangs kurzen Fäden können eine bedeutende Länge erreichen (Taf. 1, Fig. 15). Ich fand solche, die bis $1^1/_2$ mm massen. Sie schwärmten niemals aus. Die Membran ihrer Stäbchen vergallertet und differenzirt sich in zwei Lamellen. Indem die äusseren Lamellen der Stäbchen desselben Fadens der Länge nach mit einander verschmelzen, stellen sie, ähnlich wie bei *Crenothrix* und vielen *Nostochineen* (z. B. *Calothrix*, *Tolypothrix*) eine gallertartige Scheide dar, die, anfangs zart (Taf. 1, Fig. 14), im Alter ziemlich dick und resistent wird. In der Mehrzahl der Fälle, selbst dann schon, wenn sie noch hyalin und zart erscheint, verhindert diese Scheide gänzlich die Erkennung der Structur des Fadens (Taf. 1, Fig. 11, 12, 13, 15*a*). Durch Anwendung schwacher Reagentien indessen, wie stark verdünnter Säuren, Glycerin, Fuchsinlösung etc. tritt letztere deutlich hervor. Die Stäbchen junger Leptothrixfäden befinden sich in beständiger Streckung und Theilung. Infolge des hierdurch ausgeübten Druckes erfolgt eine Sprengung der Scheide an der Spitze, und die Stäbchen treten einzeln, oder zu kurzen Reihen verbunden, ins umgebende Wasser (Fig. 16*a*). Beim Austritt spielen sie zwar zunächst eine passive Rolle, indem sie, infolge der Streckungsvorgänge an den noch in der Scheide steckenden Gliedern, gewaltsam herausgeschoben werden. Indessen zeigen sie doch ausserdem eine gewisse Eigenbewegung, die sich darin documentirt, dass sie einzeln oder zu Ketten vereinigt die Scheide auch dann verlassen, wenn die Schiebung bereits aufgehört hat (Taf. 1, Fig. 16). Meist ist die Entleerung eine vollständige, doch bleiben häufig auch einzelne Glieder, die letzten, in der Scheide stecken (Fig. 14). Sie sterben in der Folge ab und nehmen dabei im Gegensatz zu den bleichen normalen Stäbchen ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen an.

Man wird beim Austritt der Stäbchen erinnert an ähnliche Vorgänge bei *Crenothrix* und vielen *Nostochineen*.

Heterocysten sind indessen nicht vorhanden, die steckenbleibenden, absterbenden Stäbchen besitzen nicht den Werth solcher Bildungen, wenn es auch auf den ersten Blick so scheinen möchte. Da sie jedoch oft mitten im Verlauf der Gliederfäden vorkommen, so dürfen sie als das Analogon der im Fadenverbande gewisser Nostochineen, namentlich der *Oscillarieen*, so häufigen „todten Zellen“ angesprochen werden. Schwärmbewegungen, vermittelt durch besondere cilienartige Organe zeigten die freigewordenen Cladothrixzellen in keinem Falle. Dafür stimmt ihre Bewegung im Wasser mit der der genannten Algen vollkommen überein.

Ich habe mehrmals je ein Büschel von Leptothrixfäden, das aus einer Micrococcen-Colonie entstanden war, etwa acht Tage lang in dem oben beschriebenen Apparat cultivirt und dabei gefunden, dass sich die längeren Stäbchen, aus denen die Fäden im Anfange der Cultur bestanden, in kürzere Stäbchen theilten und dass an diesen die Theilung noch einen Schritt weiter ging, um schliesslich zur Bildung von Micrococcen zu führen. In Taf. 1, Fig. 14 sind zwei Fäden aus einer solchen Colonie dargestellt, deren einer (*a*) an der Basis noch Gliederung in kürzere Gliederstäbchen zeigt, während die Endregion bereits die Micrococcenbildung darbietet, deren anderer *b* aber die Gliederung in Micrococcen bereits in seiner ganzen Länge erkennen lässt. Es giebt also bei *Cladothrix dichotoma* sowohl eine Bacterien-, als eine Micrococcen-Leptothrix.

Ein Vergleich der Leptothrixform von *Cladothrix* mit derjenigen von *Crenothrix* ergiebt, dass Erstere von Letzterer nur durch den geringeren Durchmesser der Fäden abweicht. Aber auch dieser Unterschied besitzt nur im Allgemeinen Stichhaltigkeit; denn es giebt auch bei *Crenothrix* sehr dünne Formen.[1] Isolirte Leptothrixfäden beider Pflanzen zu unterscheiden ist daher nur auf dem Wege der Cultur möglich. Aus demselben Micrococcenhäufchen hervorgegangene Leptothrixfäden bleiben in der Regel auf längere oder kürzere Zeit zu einer büschelförmigen Colonie vereinigt. Man erhält so ähnliche Bilder wie bei *Crenothrix*.[2]

Das, was in der Spaltpilzkunde als *Leptothrix parasitica* Kützing figurirt[3], halte ich mit der Leptothrixform vorliegender Cladothrix für durchaus identisch. Wenn man diese Fäden, die fast auf allen Fadenalgen anzutreffen sind, entsprechend cultivirt, so erhält man stets die weiter unten näher zu charakterisirende verzweigte typische Cladothrixform.

Wenn die Leptothrix in eisenhaltigem Wasser vegetirt, so tritt eine allmähliche Färbung der gallertigen Scheide durch gelöste Eisenverbindungen auf, die aus dem Gelblichen oder Olivengrünlichen ins Rostrothe bis Braune geht (Taf. 1, Fig. 16; Taf. 3, Fig. 34). Ueberdies können sich Niederschläge von Eisenoxydhydrat der Gallertmasse auflagern und diese scheinbar dicker erscheinen lassen. Aehnliche Erscheinungen finden sich bekanntlich bei *Crenothrix*. Nach Cohn[4] lagert sich das Eisen „durch die Vegetationsthätigkeit der Zellen in ähnlicher Weise in der Membran der Scheiden ab, wie die Kieselerde in den Panzern der Diatomeen oder der kohlensaure Kalk in den Zellmembranen der *Melobesiaceen*." So richtig auch diese Ansicht im ersten Moment klingen mag, so dürfte sie doch nicht ganz zutreffend sein, wie man sich durch ein einfaches Experiment leicht überzeugen kann. Die Gliederstäbchen treten, wie wir sehen, aus den Scheiden aus. Wenn man nun entleerte, noch ganz farblose Scheiden (von *Crenothrix* oder *Cladothrix*), die man oft in grösserer Anzahl beisammen findet, längere Zeit in eisenhaltigem Wasser hält, so färben sich diese bereits vollständig entleerten Gallertscheiden allmählich gerade so intensiv, wie noch unentleerte. Wäre die Einlagerung der Eisenverbindungen an die Vegetation der Zellen gebunden, so würde Letzteres ohne Zweifel nicht der Fall sein können. Ich glaube vielmehr annehmen zu dürfen, dass die Färbung der Gallertscheide auf einem rein mechanischen Vorgange beruht, nämlich auf einer Einlagerung der in Wasser gelösten Eisenverbindungen zwischen die Gallerttheile, einem Vorgange, wie er sich auch künstlich an anderen Gallertmassen, z. B. Speisegelée, vollzieht, wenn man diese mit gewissen Farbstofflösungen zusammenbringt.

Die *Leptothrix ochracea* Kützing's besteht, nach der Untersuchung von Originalexemplaren des Autors zu schliessen, aus jenen eisenhaltigen Cladothrixzuständen und ist daher als Art zu streichen. Andere Autoren mögen unter diesem Namen auch entsprechende Crenothrixzustände verstanden haben.[5]

---

[1] Man vergleiche die betreffenden Figuren in meiner „Entwickelungsgeschichte der *Crenothrix*."
[2] Zopf, l. c. Taf. 1, Fig. 5; Taf. 2, Fig. 10 u. 11.
[3] Rabenhorst, Kryptogamenflora — Pilze, bearbeitet von G. Winter I, p. 57.
[4] Cohn, Ueber den Brunnenfaden in Beiträge zur Biologie. Bd. I, Heft I, p. 119.
[5] Auch bei den fädigen *Phycochromaceen* kommt Braunfärbung entleerter Scheiden durch Eisenverbindungen häufig vor, so bei *Tolypothrix*, *Scytonema*, *Glaucothrix* etc.

Cladothrixform.

Haben die Leptothrixartigen Fäden eine gewisse Länge erreicht, so erfolgt eine Zweigbildung (Taf. 1, Fig. 2 *A*, 5. Taf. 2, Fig. 1, 2). Sie trägt einen durchaus primitiven Charakter. Ein Stäbchen des Fadens streckt und biegt sich etwas, und wächst sodann an dem der Spitze des Fadens zugewandten Ende neben dem Nachbarstäbchen vorbei, die zarte Gallerthülle durchbrechend (Taf. 2, Fig. 1 *a*, *b*, *c*). Durch fortgesetzte Theilung wird es zu einem Faden. Die Zweigbildung erfolgt an ganz beliebigen Stellen des Fadens, meist in einem gewissen Abstande, doch oft auch an ganz dicht benachbarten Stellen. Sie ist gewöhnlich eine cymöse und folgt in der Regel dem Schema der Wickel, seltener dem der Schraubel (Taf. 1, Fig. 2 *A*, 3, 4). Das ganze Stück der Hauptaxe, unter welchem der jedesmalige Zweig abgeht, wird etwas zur Seite geschoben und gewinnt so scheinbar selbst den Charakter eines Zweiges. Es trennt sich jedoch nicht ab, sondern bleibt mit dem wirklichen Zweige durch die Gallerthülle vereinigt (Taf. 1, Fig. 4. Taf. 2, Fig. 1). Ist diese Hülle sehr dünn, so ist es leicht möglich, den Pseudozweig durch Druck zu isoliren (Taf. 1, Fig. 4). Wird sie dicker, so gelingt dies nicht so leicht, da die Gallerthülle des Pseudoastes mit der des Fadens zu einem continuirlichen Schlauche verschmilzt. Man findet ausserordentlich häufig Individuen, deren Pseudozweige auch an der Basis weiter wachsen. Diese läuft dann entweder ein Stück am Faden herab (Taf. 1, Fig. 5) oder sie kreuzt denselben (Taf. 1, Fig. 4 *b*) oder sie biegt sich von ihm ab (Taf. 2, Fig. 1 *d*). In den beiden letzteren Fällen bildet dann der Pseudozweig mit dem Faden ein X. Es wird durch diese Vorgänge, wenn sie an derselben Pflanze wiederholt auftreten, ein eigenthümlicher Habitus hervorgerufen (Taf. 1, Fig. 4).

Der Verzweigungsmodus erinnert lebhaft an gewisse phycochromhaltige Algen und zwar besonders an die *Scytonemeen*gattungen *Tolypothrix*, *Schizothrix*, *Arthrosiphon* und *Glaucothrix*. Unter den Spaltpilzen, soweit sie bis jetzt bekannt sind, repräsentirt *Cladothrix* das einzige Genus, welches überhaupt eine Verzweigung besitzt.[1] Es dürfte daher dasselbe die höchste Stufe im Spaltpilzsystem einnehmen.

Diejenigen Leptothrixfäden, welche sich frühzeitig mit einer dicken Scheide umgeben, gehen nicht zu der höheren, verzweigten Cladothrixform über (da die Zellchen die Scheide nicht zu durchbrechen vermögen), bleiben vielmehr Zeit ihres Lebens Leptothrixartig.

Indem ich entwickelte Cladothrixpflanzen längere Zeit (in dem oben beschriebenen Culturapparat) beobachtete, habe ich mit voller Sicherheit die Thatsache constatiren können, dass sich Zweigstücke von grösserer oder geringerer Länge ablösen und nun mit eigenthümlichen kriechenden Bewegungen und mehr oder minder auffallenden Drehungen und Biegungen auf dem Objectträger hingleiten. Es können also Theilstücke der starren Fäden in den beweglichen Zustand eintreten. Dieser Zustand trägt aber nicht den Charakter des Schwärmens, da den abgelösten Fäden, nach dem Mangel einer besonders lebhaften Bewegung zu schliessen, die Begabung mit Cilien abgeht. Die

---

[1] Die Gattung *Streptothrix* (Cohn, Beitr. z. Biol. I, Heft III, p. 186 Taf. V, Fig. 7 ist meines Erachtens auch nur eine *Cladothrix*, worauf ich in dem folgenden Kapitel noch einmal zurückkommen werde. Cienkowski (l. c.) hält es für wahrscheinlich, dass neben der Pseudoverzweigung noch eine ächte Astbildung vorhanden sei. Ich kann nur anführen, dass mir selbst nie etwas Aehnliches vorgekommen ist. Die Pflanzen aus meinen Culturen, wie die aus dem Freien, besassen immer nur die obige Verzweigungsart. Uebrigens glaube ich, dass ächte Verzweigung bei Spaltpilzen überhaupt nicht möglich ist.

Fadenstücke verhalten sich vielmehr nur wie die kriechenden Fadenstücke von *Beggiatoen* und *Crenothrix* oder von *Oscillarien.* Wie letztere, sind auch erstere scheinbar einzellig, aber Behandlung mit schwachen Reagentien liess eine gleichmässige Gliederung in Stäbchen schön erkennen.

Nach jener Beobachtung legte ich mir die Frage vor, ob etwa die Möglichkeit vorhanden sei, dass Zweigfragmente der *Cladothrix* sich ablösen und in den Schwärmzustand, d. h. den cilienbegabten Zustand, übergehen können. Während der über ein Jahr ausgedehnten Cladothrixuntersuchungen hatte ich nie eine Beobachtung zu machen Gelegenheit, welche zu einer Bejahung dieser Frage berechtigt hätte. So musste ich zuletzt glauben, dass jene Möglichkeit überhaupt nicht existire.

Die Folge sollte lehren, dass diese Vermuthung unberechtigt sei. Es gelang mir nämlich, als ich die Arbeit bereits zum Abschluss gebracht, höchst wichtige Vorgänge zu beobachten, welche in der That den Beweis liefern, dass Theilstücke des Cladothrixzustandes zu typischen, cilientragenden Schwärmern werden können, die eine Energie der Bewegungen zeigen, wie sie lebhafter nicht erwartet werden kann. Damit sich der Leser selbst ein Urtheil bilde, will ich die sehr einfache Beobachtung in ihren Einzelheiten darlegen.

An einem Tage im Mai vergangenen Jahres musterte ich Cladothrixräschen aus einer Algencultur. Man konnte bemerken, dass an vielen Individuen sich kürzere oder längere Stäbe von den Zweigen ablösten und lebhaft davon eilten. Ich stellte nun einen Zweig von einer Pflanze, an der sich solche Abgliederungen vollzogen, der aber noch ganz intact und steif war, ein, und beobachtete, dass er nach einiger Zeit plötzlich an drei Stellen einknickte (Taf. 2, Fig. 4, 5). Wenige Minuten später, und das zwei Einknickungen tragende Endstück (Fig. 5 *a*, *b*, *c*) löste sich (bei *m*) ab und schwamm mit energischer Bewegung hin und zurück, dabei noch etwas stärker einknickend (Fig. 6). An beiden freien Enden konnte man einen deutlichen Strudel bemerken, in den kleine Cladothrixstäbchen etc. hineingezogen wurden. Es musste also an jedem Pole eine Cilie gebildet sein. Nach weiteren zehn Minuten war die Einknickung noch bedeutender, sodass das Ganze einer Klammer nicht unähnlich sah (Fig. 7). Fünf Minuten später knickte das eine stabförmige Endstück (Fig. 8 *c*) ab, um behend hinweg zu schwimmen. Dasselbe schwamm äusserst lebhaft vor- und rückwärts und zeigte an beiden Polen einen deutlichen Strudel. Es musste also gleichfalls an jedem Pole eine Cilie erhalten haben. Von den beiden zurückgebliebenen, noch verbundenen Stäben knickte nach wiederum zehn Minuten der längere seinerseits in der Mitte ein (Fig. 9 *b*); noch zehn Minuten später und der kürzere (Fig. 11 *a*) löste sich ab und schwamm sehr lebhaft weg, vor- und rückwärtsgehend. Auch er musste also sofort Cilien erhalten haben.

Trotz der zweifellosen Sicherheit aller dieser Beobachtungen wiederholte ich gleich am nächsten Tage die Beobachtungen an einem Material, welches derselben Cultur entnommen war, und konnte an den Zweigen mehrerer Cladothrixpflanzen, wiederum mit vollster Sicherheit, die Ablösung von Fadenstücken verfolgen und nochmals constatiren, dass sie sofort nach ihrer Ablösung an beiden Polen Strudel, also Cilien zeigten, mittelst deren sie lebhaft schwärmten.

Hiernach darf es als eine, wie ich glaube, unantastbare Thatsache ausgesprochen werden, dass sich von Cladothrixpflanzen längere oder kürzere Zweigstücke ablösen und sofort in den Schwärmzustand übergehen können.

Diese Thatsache scheint mir für das Verständniss späterer Beobachtungen von hoher Wichtigkeit zu sein.

Es leuchtet ein, dass keiner der Stäbe an der Stelle, wo er von der Mutterpflanze sich abgliedert, ursprünglich eine Cilie haben kann. Da nun constatirt wurde, dass ein solcher Stab sofort nach der Abknickung sowohl an dem urprünglich freien Ende, als auch an dem Abknickungsende je einen deutlichen Strudel zeigt, also bereits Cilien trägt, so muss die Bildung der Cilie im Moment der Ablösung oder unmittelbar nach derselben erfolgen.

Der vorhin beschriebene Mutterstab knickte, wie wir sahen, ein und bildete Tochterstäbe. Sobald letztere sich an der Einknickungsstelle abgelöst hatten, schwärmten sie gleichfalls lebhaft vor- und rückwärts und zeigten an jedem Ende einen die Cilie andeutenden Strudel. Es ist also auch hier anzunehmen, dass an den Abknickungspolen der Theilstücke sich im Moment der Ablösung oder unmittelbar darauf Cilien bildeten. Wie diese Bildung vor sich geht, habe ich nicht ermitteln können, doch scheint mir die Vermuthung, dass an den Polen Poren vorhanden sind, und durch diese heraus ein Plasmafaden (Cilie) geschoben wird, der Wahrheit am nächsten zu kommen.

Als Ergänzung und Bestätigung zu den mitgetheilten Beobachtungen sei noch ausdrücklich angeführt, dass die Abknickung von in den Schwärmzustand übergehenden Fäden oft so häufig und schnell erfolgt, dass Exemplare der Cladothrix, welche zu Anfang der Beobachtung noch lange Zweige zeigten, nach Verlauf von einer Viertelstunde nur noch kurze Zweigstummel besitzen und das vorher stabfreie Gesichtsfeld von den abgeknickten schwärmenden Stäben geradezu wimmelt!

Wie früher constatirt wurde, variiren verschiedene Cladothrixpflanzen sowohl, als verschiedene Zweige desselben Systems in Bezug auf die Dicke der Fäden (wenn auch diese Variation sich in nur engen Grenzen bewegt). Demnach müssen auch die abgelösten Stäbe verschiedene Dicke aufweisen. Dieser Umstand würde keiner Betonung werth sein, wenn nicht manche Spaltpilzbeobachter bisher auf solche Dimensionsunterschiede Werth legten und sogar neue Species auf dieselben begründeten.

Es sei hervorgehoben, dass die Structur der Fäden der Cladothrix-Form unter den gewöhnlichen Verhältnissen mitunter nicht deutlich sichtbar ist, sodass die Zweige scheinbar einzellig erscheinen. Die Structur wird, wie bei der Leptothrixform verdeckt durch die Gallertscheide, zumal, wenn diese dick und noch dazu gefärbt auftritt. Durch die oben erwähnten Reagentien aber lässt sich leicht die Gliederung in Stäbchen nachweisen.

Die längeren Stäbchen zerfallen durch Quertheilung in kürzere und diese letzteren infolge desselben Processes in ganz kurze cylindrische Stücke, die sich allmählich abrunden, lockern, isoliren und nunmehr Micrococcen darstellen. Bisweilen erfolgen in den niedrigen cylinderförmigen Platten noch eine oder mehrere Theilungen und zwar in Richtung der Längsachse des Fadens. Die Micrococcen liegen dann in zwei, selten mehreren Reihen (Taf. 2, Fig. 2).

In der Regel erfasst der Zerfall in Micrococcen alle Stäbchen eines Zweiges gleichzeitig, ja er erfolgt oft simultan in allen Theilen der Pflanze, doch kommen von dieser Regel auch häufige Ausnahmen vor, indem die Micrococcenbildung bald mehr an den

terminalen, bald an intercalaren Regionen auftritt, um von hier aus nach abwärts oder nach aufwärts vorzuschreiten.

Noch längere oder kürzere Zeit nach ihrer Entstehung findet man die Micrococcen bisweilen so gelagert, dass man ihre Abstammung von je einem längeren Stäbchen auf den ersten Blick erkennt (Taf. 1, Fig. 6). Später wird diese Lagerungsweise gewöhnlich verwischt (Taf. 1, Fig. 5).

Oft treten die Stäbchen, bevor es noch zur Micrococcenbildung kommt, aus der Scheide heraus und zwar, wie bei der Leptothrixform, einzeln oder zu kürzeren oder längeren Reihen verbunden. Auch die Micrococcen verlassen die Scheide. Man findet gar nicht selten sämmtliche Pflanzen eines Räschen so vollständig entleert, dass nur die Scheiden zurückgeblieben sind (Taf. 2, Fig. 3).

Je nach dem Eisengehalt des Wassers färben sich die Scheiden noch lebensfähiger oder bereits entleerter Pflanzen durch Aufnahme der Eisenlösungen und Auflagerung von Eisenoxydhydrat-Niederschlägen schwach oder intensiv gelb, rostroth oder rothbraun, selbst braunschwarz. Die Wandung der Scheide und die Structur des Fadens ist dann oft erst durch Reagentien (z. B. Salzsäure) sichtbar zu machen. Solche eisenhaltigen Zustände treten oft in centimetergrossen braunen Flocken auf, die auf der Oberfläche des Wassers schwimmen oder auf dem Grunde lagern. Sie dürfen nicht verwechselt werden mit ähnlichen Gebilden thierischen Ursprungs (den braungewordenen Scheiden von *Anthophysa vegetans*).

Bisweilen treten, aus irgend einem Grunde, die Micrococcen nicht aus der Scheide aus. Sie wachsen dann, wenn das Nährwasser noch hinreichend ernährende Stoffe besitzt, unmittelbar zu Stäbchen aus (Taf. 2, Fig. 18), ein Factum, was schon Cienkowski feststellte. Die Stäbchen verlängern sich dann zu Leptothrixartigen Fäden. Man erhält auf diese Weise ähnliche Bilder, wie ich sie früher für *Crenothrix*[1] gegeben habe. Durch diese Beobachtungen wird zugleich eine nochmalige Controlle gegeben für die Richtigkeit der Angaben, die ich in dem ersten Capitel zur Kenntniss brachte, wo ich auf dem Wege der Cultur freier Micrococcen zeigte, dass diese sich zu Stäbchen und letztere durch fortgesetzte Streckung und Theilung sich zu Fäden entwickeln.

Der voraufgehende Theil der Untersuchung ergab erstens, dass die Micrococcen der Cladothrix zu Bacterium-, resp. Bacillusartigen Stäbchen auswachsen, die unter gewissen Verhältnissen Leptothrixartige und durch Verzweigung Cladothrixartige Fäden bilden; zweitens, dass die Bacillusartigen Stäbchen der Leptothrix- und Cladothrixfäden wiederum in kleinere Bacteriumartige Glieder und diese schliesslich in Micrococcen zerfallen.

Der genetische Zusammenhang von Coccen-, Stäbchen-, Leptothrix- und Cladothrix-Form, der zum Theil auch von Cienkowski[2] beobachtet wurde, darf hiernach als vollkommen sicher gestellt betrachtet werden.

Allein, so beachtenswerth schon dieses Ergebniss erscheinen mag, so wird es doch an Wichtigkeit übertroffen durch das weitere Resultat, dass in den Entwickelungsgang der *Cladothrix dichotoma* auch Schraubenformen hineingehören.

---

[1] Entwickelungsgeschichte von *Crenothrix polyspora*. Taf. I, Fig. 5.
[2] Zur Morphologie der Bacterien. Taf. 2, Fig. 39—46.

Vibrio-, Spirillum- und Spirochaeteartige Formen.

In den Cladothrixräschen bemerkt man, je nach Art der Cultur mehr oder minder häufig, dass die Zweige der Pflanzen eigenthümliche regelmässige Krümmungen zeigen.[1] Aber auch die noch unverzweigten, leptothrixartigen Individuen nehmen solche Krümmungen an (Taf. 3, Fig. 1). Bisweilen bieten, auch an reichverzweigten Pflanzen, sämmtliche oder fast sämmtliche Zweige diese Eigenthümlichkeit dar (Taf. 1, Fig. 2*B*. Taf. 2, Fig. 13).

Die Krümmung erfolgt in Richtung der Schraube. An und für sich hat die Bildung schraubiger Fäden nichts besonderes; denn sie tritt auch bei Spaltalgen auf, wofür ich in dem zweiten Theile dieser Abhandlung Beispiele gebe.

Allein das weitere Verhalten der Cladothrix-Schrauben ist unter Umständen ein ganz anderes, als bei diesen Algen.

Bereits oben habe ich gezeigt, dass von geraden Cladothrixfäden und -Zweigen sich längere oder kürzere Stücke ablösen und kriechende Bewegungen annehmen können.

Ich habe ferner den ungleich wichtigeren, durch wiederholte directe Beobachtung gesicherten Beweis geliefert, dass Stücke der Cladothrixfäden und Zweige unmittelbar nach ihrer Abknickung in den Schwärmzustand überzugehen vermögen.

Im Anschluss an dieses Resultat ergab sich folgende Fragestellung:

1) Können auch von den spiralig gekrümmten Fäden und Zweigen der Cladothrixform (beziehungsweise Leptothrixform) sich Stücke abgliedern? und

2) Können diese Spiralstücke nach der Abknickung in den Schwärmzustand übergehen?

Ich kann diese beiden Fragen bestimmt bejahen auf Grund folgender directer Beobachtungen:

Am 19. September Mittags stellte ich zum Zweck gewisser anderer Beobachtungen eine Gruppe spiraliger Fäden ein, die unmittelbar aus den Micrococcen eines Cladothrixendes hervorgewachsen waren (Taf. 3, Fig. 1). Die Spiralen, mit ihrer Basis noch in der Cladothrixscheide steckend, schwankten mit ihrem Ende eigenthümlich hin und her. An dem äussersten Ende jeder Spirale konnte ich einen deutlichen Strudel wahrnehmen. Es musste also eine Cilie am Ende vorhanden sein. Wenige Minuten, nachdem ich das Object gezeichnet, ward das Schwanken der Enden auffallender. Plötzlich knickte das Endstück einer Spirale ab und schwamm hurtig hinweg, in Spiralrichtung vor- und rückwärts jagend. Fast gleichzeitig lösten sich die Endstücke sämmtlicher übrigen Schrauben (bei x) ab und schwärmten nicht minder lebhaft davon. Von der Gruppe der Spiralen blieb weiter nichts übrig, als eine Gruppe von Fadenstümpfen.

An der verzweigten Form der Cladothrix habe ich ähnliche Beobachtungen gemacht.

Die Schrauben, die ich sich abgliedern und sofort lebhaft wegschwärmen sah, waren von einer Form, die zwischen dem, was die Spaltpilzsystematiker *Vibrio* und *Spirillum* nennen, die Mitte hält. In dem früheren Kapitel wurden Beobachtungen betont, nach denen sich längere gerade Zweigstücke ablösen, schwärmfähig werden und sich während des Schwärmens in Stäbe gliedern, die ihrerseits Geisseln bekommen. Dies veranlasste mich, zu untersuchen, ob die abgelösten Schrauben während des Schwärmens gleichfalls in kürzere Schrauben

[1] Auch schon von Cohn gesehen. Man vergleiche dessen Beiträge zur Biologie. Bd. I, Heft III, Taf. 5, Fig. 8.

zerfallen. Ich verfolgte deshalb eine Schraube, die ich sich hatte abgliedern sehen, und fand, dass sie in zwei Theilschrauben zerknickte. Die grösseren Schrauben vermehren sich also durch Zweitheilung. Ob die Tochterschrauben eines Längenwachsthums fähig sind, habe ich nicht ermitteln können, da es unmöglich ist, solche Schrauben stunden- oder gar tagelang zu verfolgen.

An den Schrauben, deren Abgliederung und unmittelbar darauf erfolgendes Schwärmen ich so schön beobachten konnte, war im Schwärmzustande keine Andeutung von Gliederung zu bemerken. Als ich nun vorsichtig Fuchsinlösung zufügte, trat sofort die schönste Gliederung in Stäbchen hervor (Taf. 3, Fig. 2 *a*, *b*). Ich weise jeden Einwand, dass diese Gliederung eine abnorme, durch die Abtödtung hervorgerufene Erscheinung sein könne, entschieden zurück. Ganz abgesehen davon, dass, namentlich durch Koch, längst darauf hingewiesen wurde, dass solche Abtödtungsmittel überhaupt die ursprüngliche Structur fädiger Zustände durchaus nicht verändern, wohl aber dieselbe erst recht deutlich hervortreten lassen, zeigt sich in dem vorliegenden speciellen Falle eine solche Regelmässigkeit der Stäbchen-Interstitien, dass wir auch hier an einer normalen Gliederung nicht zweifeln.

In Taf. 3, Fig. 3 habe ich eine abgelöste Schwärmschraube dargestellt, die während der Beobachtung sich in zwei Theilschrauben gliederte (Fig. 4*a*, *b*). Bei Zusatz von Picrinschwefelsäure streckten sich letztere und zeigten gleichfalls deutliche Gliederung in Stäbchen (Fig. 5), aber in kürzere Stäbchen, als sie die vorhin besprochene Schraube darbot.

In anderen Fällen zeigten die schwärmenden Schrauben nach der Abtödtung schön die Micrococcengliederung (Fig. 6).

Schwärmende Schrauben können also in Stäbchen resp. Micrococcen gegliedert sein, mit anderen Worten Schraubenform, Stäbchen- und Micrococcenform können in genetischem Zusammenhange stehen.

Es wirft dieses bisher von keinem Spaltpilzforscher bekannt gemachte Moment ein ganz neues Licht auf die morphologische Bedeutung jener längeren Schwärmschrauben. Es sind nicht, wie man bisher glaubte, einzellige Gebilde, sondern mehrzellige.

Um denjenigen, welche die so wichtigen Beobachtungen über das Abgliedern, Wegschwärmen und über die Structur schwärmender Schrauben wiederholen wollen, Mühe und Zeit zu ersparen, will ich bemerken, dass dieselben nur gemacht werden können an Culturen, welche nicht zu lange gestanden haben. In alten Culturen wird man zwar die Spiralfäden unter Umständen recht häufig finden, auch die Abgliederung beobachten können, aber vergebens auf den Eintritt des Schwärmens warten. Letzteres scheint von einer ganz bestimmten chemischen Beschaffenheit des Nährmediums abhängig zu sein, die ich nicht näher ermitteln konnte. Wird diese Beschaffenheit durch zu lange Vegetation des Spaltpilzes verändert, so erfolgt kein Schwärmen mehr.

Es treten gewisse beachtenswerthe Variationen in der Schraubenbildung ein. Was zunächst den Querdurchmesser der Windungen betrifft, so kann er ein relativ ganz bedeutender werden (Taf. 2, Fig. 15*A*), während er in anderen Fällen nur minim erscheint (Fig. 14*b*; 16). Dazwischen kommen alle möglichen Uebergangsvariationen vor. Oft erscheint an ein und derselben Spirale der Durchmesser an dem einen Ende ums Mehrfache grösser, als am andern (Taf. 2, Fig. 14, 15*A*, 15*B*). Auch die Höhe der Schraubengänge ist grossem Wechsel unterworfen. Bald sind die Schraubengänge gedrängt (Fig. 16, 17)

bald mehr oder minder ausgezogen (Fig. 15 *B*, 14). Noch ein anderer Umstand verdient hervorgehoben zu werden. Bereits oben ist mitgetheilt, dass die Dicken-Dimensionen der gewöhnlichen geraden Cladothrixfäden eine gewisse Variation zeigen, neben relativ dicken Fäden kommen haarfeine vor. Da nun die Spiralen nichts anderes als gekrümmte Cladothrixfäden sind, so muss natürlich auch die Fadendicke der verschiedenen Spiralen variiren. Dazu kommt noch, dass dieselbe Spirale, die für gewöhnlich überall gleiche Fadendicke zeigt, häufig an dem Basalende dicker erscheint, um sich nach dem anderen Ende zu in einen feineren Faden zu verjüngen. Die dickeren oder dünneren Spiralformen mit ausgezogenen Windungen und relativ unbedeutendem Querdurchmesser entsprechen dem, was die Spaltpilzsystematiker mit dem Ausdruck Vibrio bezeichnen, die dickeren oder dünneren Formen, deren Windungen bei mehr oder minder grossem Durchmesser eine relativ geringe Höhe besitzen, also nicht ausgezogen erscheinen, der Spirillumform, während die dünnfädigsten Formen mit geringem Durchmesser und geringer Höhe der Spirochaeteform correspondiren.

Nach den obigen Darlegungen steht es nicht nur fest, dass verschiedene Cladothrixzweige Vibrionen-, Spirillen- oder Spirochaetenartig erscheinen können, sondern auch, dass die Uebergänge von Spirillum zu Vibrio, von Spirillum- zu Spirochaeteartigen Formen sich an ein und demselben Spiralzweig vollziehen können.

Die Längendimension der noch am Mutterfaden sitzenden oder schon von ihm abgeknickten Schrauben übersteigt oft alle Erwartung. In meinen schon mehrfach erwähnten Culturen des Pilzes auf *Vallisneria*pflanzen erreichte die Länge dieser Gebilde meistens 800—1500 Mikrom. bei 40—60 Umgängen (Taf. 2, Fig. 16). Namentlich riesig erschien die Länge der Vibrionen, weil hier die Windungen ausgezogen sind. Dabei waren die Spiralfäden in jener Cultur in solcher Anzahl vorhanden, dass jedes Präparat ihrer mindestens zehn aufwies. In anderen Culturen habe ich sie meist nicht so zahlreich angetroffen, in noch anderen, z. B. im Schlammaufguss, gänzlich vermisst. Meist sind die Schrauben von regelmässigster Gestalt (Taf. 2, Fig. 14, 15 *A*, 16). Doch kommen bisweilen auch minder regelmässige Formen vor. Während die dickfädigeren Formen stets starr erschienen, zeigten die dünnfädigsten und eng gewundenen (dem *Spirochaete*-Typus angehörenden), z. B. das in Taf. 2, Fig. 16 dargestellte Exemplar, bemerkenswerthe Flexilität. Doch findet man die nämliche Form auch im starren Zustande. Auffallend häufig traten mir in manchen Algen-Culturen noch an der Mutterpflanze festsitzende schraubige Zweige entgegen, welche haarflechtenartige Schleifen gebildet hatten (Spirulinenform) (Taf. 2, Fig. 13 *a*, *b*). In einigen Fällen habe ich an demselben Faden bis fünf solcher Schleifen gefunden.

Solche Fäden sind bald ganz starr, bald flexil, und dann schrauben sich die Windungen an einander auf und ab (wie das z. B. in Fig. 16 auf Taf. 2 geschah). Dergleichen Objecte bieten ein sehr anziehendes, lebensvolles Bild. Man wird übrigens bei dieser Erscheinung lebhaft erinnert an die *Beggiatoen*, *Crenothrix* und viele *Phycochromaceen* (besonders *Oscillarien*, nur sind die Fäden hier nicht verzweigt.) Bei den ersteren und letzteren Pflanzen ist dies Phänomen zuerst von Link und Cohn beobachtet worden. In dem zweiten Theile dieser Arbeit wird man weitere Beispiele von Spirulinen-Bildung für verschiedene andere *Phycochromaceen* angeführt finden.

Die schwärmenden sowohl als die kriechenden und ruhenden Schrauben zerbrechen in kleinere Stücke, diese in noch kleinere und so fort. Es ist dies also im Wesentlichen

derselbe Vorgang, den ich an nicht schraubigen (schwärmenden, kriechenden oder ruhenden) Fadenstücken nachweisen konnte, und auf den ich schon oben hinwies.

In höchst ausgezeichneter Weise habe ich dieses successive Zerfallen in immer kleiner werdende Stücke auch an dicken Vibrio- bis Spirillumartigen Fäden beobachtet, die ich in Pankewasser zu wiederholten Malen massenhaft erhielt, die ich aber wegen der Dicke ihrer Fäden nicht als zu Cladothrix gehörig betrachte. Der Zergliederungsprocess geht hier so schnell vor sich, dass man das Gesichtsfeld, das beim Auflegen des Deckglases die Schrauben sämmtlich noch in ihrer ganzen Grösse zeigt, nach Ablauf von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde anstatt der langen Schrauben mit zahllosen Bruchstücken derselben bedeckt findet. Ich wünschte, ich könnte einem der Spaltpilzforscher, welche nach den Dimensionen der Schrauben Species machen, einmal eine solche untrügliche Erscheinung vorführen; ich glaube, er würde doch zu der Einsicht kommen, dass diese Speciesunterscheidung nicht länger eingehalten werden darf.

Mutterschrauben, wie die in Fig. 14, 15 *B* abgebildete, welche an einem Ende vibrionenartig oder auch spirochaetenartig, am andern Ende spirillenartig sind, liefern beim Zerknicken Theilschrauben, von denen die einen *Spirillum*, die anderen *Vibrio* oder *Spirochaete* entsprechen. Schraubenfragmente, welche an der einen Hälfte schwach vibrionenartig, an der anderen spirillumartig waren, habe ich direct in *Vibrio* und *Spirillum* zerfallen und ihre Trennung erfolgen sehen.

An den Mutterschrauben, welche an dem einen Ende in Fadendicke und im Durchmesser wie in der Höhe der Windungen etwa *Spirillum volutans* entsprechen, am andern Ende etwa *Spirillum tenue*-artig sind, fällt diese Modification nicht auf, da hier allmähliche Uebergänge etwa durch *Spirillum undula*-artige Windungen vorhanden sind. Nach dem Zerfall der Mutterschrauben aber in die kürzeren Tochterschrauben, zeigen die extremen Formen dieser letzteren also die *Spirillum volutans*-Form und die *Spirillum tenue*-Form, eben weil die Vermittelung fehlt, eine scheinbar grössere gestaltliche Differenz. Ihr genetischer Zusammenhang erscheint dann demjenigen, dem ihre Genesis nicht bekannt ist, fast unmöglich. Aus diesem Grunde ist es sehr entschuldbar, wenn alle die Forscher, welche nur isolirte Theilstücke von Schrauben zu untersuchen Gelegenheit hatten, in Höhe und Weite der Windungen differente Formen derselben specifisch trennen zu müssen glaubten. Andererseits aber kann auch dem, der den Ursprung der verschiedenen schwärmenden Schraubenformen nicht kennt, wenn er nur eine grosse Anzahl dieser verschiedenen Zustände genau vergleichend zusammenstellt, kaum entgehen, dass zwischen sehr differenten Formen alle Uebergänge vorhanden sind. Darum konnten auch WARMING's [1]) sorgsame Zusammenstellungen in höchst sorgfältigen Zeichnungen von Formen des *Spirillum tenue*, die alle Uebergänge zu *Spirochaete* zeigen, von Formen des *Vibrio Rugula*, die alle Uebergänge zu *Spirillum volutans* erkennen lassen und umgekehrt, etc. schon eine Andeutung geben, dass hier ein genetischer Zusammenhang stattfinden möge. Aber auch nicht mehr denn eine Andeutung. Denn der genetische Zusammenhang kann nur nachgewiesen werden, wenn man die verschiedenen Schraubenformen an ein und derselben Mutterspirale antrifft, und dieser Nachweis ist bisher noch von Niemand geliefert worden.

Bevor ich die Darlegung über die Schraubenformen der *Cladothrix* schliesse, muss ich

---

[1] l. c.

noch darauf hinweisen, dass die *Streptothrix Forsteri* nach der Beschreibung und Abbildung COHN's (Beiträge z. Biologie Bd. I, Heft III) mit *Cladothrix* im wesentlichen so vollkommen übereinstimmt, dass beide Pflanzen, wenigstens generisch, wohl kaum getrennt werden dürfen.[1]

Zoogloeabildung.

Die Einsicht in die Mannichfaltigkeit der Entwickelungsformen von Cladothrix musste die Anregung geben, zu untersuchen, ob denn diesem Formenreichthum vielleicht auch eine gewisse Mannigfaltigkeit in der Zoogloeenbildung, speciell auch in den Zoogloeaeinschlüssen entsprechen würde. Die Untersuchungen ergaben folgendes Resultat.

a. Micrococcen-Zoogloea.

Wenn die Scheiden zur Zeit der Micrococcenbildung noch nicht allzu stark vergallertet sind, so treten, wie bereits erwähnt, die Micrococcen, sei es infolge der Streckungs- und Theilungsvorgänge der basalwärts gelegenen Theilstücke, sei es durch Eigenbewegung, aus denselben heraus und sammeln sich in der Regel vor der Mündung zu kleinen, aus einer geringeren oder grösseren Anzahl von Zellchen bestehenden Klümpchen an (Taf. 2, Fig. 3*a*) die an den entleerten Scheiden herabgleiten, um entweder an ihnen selbst, oder in den Zweigachseln hängen zu bleiben, oder auf die Substrate der *Cladothrix*, auf Algen, Blattpflanzen und sonstige Gegenstände herabzufallen. In Culturen von *Cladophoren*, *Vaucherien* und *Vallisneria*, auf denen die Pflanze längere Zeit vegetirt hatte, fand ich vollständig entleerte Scheiden so zahlreich, dass sie bisweilen grosse Räschen oder schwach bräunliche gallertige Häute von Centimeterlänge zwischen den Algenfäden bildeten. Durch Entleerung einer solchen Unmasse von Fäden, deren jeder mehrere bis viele Hunderte von Micrococcen producirt, müssen natürlich bedeutende Mengen von *Micrococcus* in die Umgebung ausgestreut werden. Die Coccen werden schwärmfähig und setzen sich namentlich gern auf Algen (z. B. *Cladophoren*, *Vaucherien*-Fäden) fest, dieselben streckenweis oft fast bis zur Unkenntlichkeit bedeckend.

Es tritt ab und zu bei *Cladothrix dichotoma* eine Modification in der Bildung von Micrococcen-Colonien auf.

Wenn nämlich die Scheiden der Cladothrixfäden zur Zeit der in ihnen auftretenden Micrococcenbildung noch sehr dünn, und bereits sehr stark vergallertet erscheinen, oder die Micrococcenbildung localisirt auf intercalare Fadentheile auftritt, so wird ein Austreten der Körperchen aus dem Ende der Scheide nicht möglich. Die Micrococcen bleiben dann ruhig in loco natali liegen. Sie vermehren sich innerhalb der zarten Gallertscheide durch Zweitheilung weiter und weiter und bilden, indem sie ihre gallertigen Membranen vereinigen, an ihrer ursprünglichen Lagerstätte Zoogloeen. Die Form dieser Colonien ist ihrem Ursprung gemäss eine gestreckt-cylindrische oder spindelförmige (Taf. 2, Fig. 18*m*). Mitunter erstreckt sich diese Zoogloeenbildung auf weite Strecken des Fadens. Man erkennt oft an der Lagerung der Micrococcen noch lange, dass sie aus Stäbchenzellen hervor gegangen sind durch die oben erwähnte wiederholte Zweitheilung in der Quer- und

[1] Vgl. auch WINTER und RABENHORST's Kryptogamenflora, Pilze.

Längsrichtung der Fäden.[1] Dass diese Micrococcengleichfalls zu Bacillen oder Leptothrix heranwachsen können (Taf. 2, Fig. 2), ist nach den vorausgegangenen Mittheilungen selbstverständlich (Taf. 2, Fig. 18*c*).

b. Bacterium-Zoogloea.

Kleine Zoogloeenklümpchen, die ich in dem oben beschriebenen Culturapparat in Sumpfwasser cultivirte, wuchsen zu Colonien von höchst eigenthümlicher Gestalt heran. Sie stellten nämlich dendritische Gallertstöcke mit oft complicirter, unregelmässig oder regelmässig dichotomer Verzweigung dar (Taf. 3, Fig. 8). Bisweilen wurden die Zweige nach dem Ende zu lappenförmig breit (Taf. 3, Fig. 11, 12, 17). Ihr Habitus erinnert dann etwa an gewisse Florideen. Ich habe in der Cultur alle Uebergänge von dem Micrococcushäufchen aus zu jenen oft vielverzweigten Gebilden verfolgen können und zwar selbst unter dem Deckglase. (Da diese Beobachtung gemacht wurden, als die Zoogloeatafel (Taf. 3) bereits unter Hand des Lithographen war, so kann ich die Entwickelungsstadien hier leider nicht mehr veranschaulichen). Die Micrococcen schwärmen entweder aus oder strecken sich bald zu kleinen, kurzen, Bacteriumartigen Stäbchen, die in grosser Menge der Gallert eingelagert sind.

Ich beobachtete die in Fig. 8 dargestellte baumförmige Colonie am 8. Dezember 1880. Ein Stück derselben, das ich in Fig. 9 vergrössert dargestellt, zeigte um zwölf Uhr innerhalb seiner Gallertmasse eine grosse Anzahl ziemlich dicht gelagerter Kurz-Stäbchen. Als ich nach Verlauf von einer Viertelstunde wieder ins Mikroscop sah, war mehr als die Hälfte der Stäbchen verschwunden (Fig. 10). Ich liess nun bestimmte Regionen des Zweiges nicht aus dem Auge und konnte direct sehen, wie die Stäbchen in Menge nach allen Richtungen hin aus der zarten Gallert ausschwärmten und sich lustig im Wasser umhertummelten, bald vor, bald rückwärts schwimmend, bald in mehr zitternder Bewegung, dann wieder pfeilschnell im Wasser dahin jagend. Auch die in Theilung begriffenen zeigten dieselbe Lebhaftigkeit in der Schwärmbewegung. In Momenten, wo die Bewegung verlangsamt erschien, konnte man an beiden Polen solcher Stäbchen einen deutlichen Strudel wahrnehmen, doch entzog sich dem Auge die Gegenwart der sicher vorhandenen Cilien. Ich habe das Ausschlüpfen auch später oft gesehen an Dutzenden von Zoogloeen. Es trat an vielen Colonien meist sofort ein, wenn sie unter das Deckglas gebracht wurden. Dabei quoll die Gallert der Zweige meist sehr stark auf. Oft vollzog sich die vollständige Entleerung eines grössern Zoogloeaarmes innerhalb weniger Minuten. (Die Herren Prof. Kny und Cand. med. Kurth haben sich das Phänomen gleichfalls an meinem Culturmaterial angesehen.)

Der Process des Ausschwärmens vollzieht sich nicht an allen Theilen der Zoogloea gleichzeitig. Man trifft oft grosse Zoogloeabäume an, deren untere Aeste von Stäbchen soweit entleert erscheinen, dass fast nur die Gallertmasse noch allein übrig ist. In anderen Fällen kann man sehen, wie durch ein localisirtes Ausschwärmen förmliche Hohlräume in den Colonien entstehen.

---

[1] Ganz ähnliche Bilder bietet in manchen Fällen *Crenothrix*. Man vergleiche, um sich diese Aehnlichkeit zu veranschaulichen, die Fig. 5 auf Taf. 1 meines Crenothrix-Schriftchens mit Fig. 18 auf vorliegender Taf. 2.

c. Bacillus-Zoogloea.

An demselben Tage, an welchem ich die obigen Beobachtungen zu machen Gelegenheit hatte, stellte ich einen Zweig einer anderen baumförmigen Colonie, der ebenfalls kurze bacteriumartige Stäbchen enthielt, ein, um seine Entwickelung continuirlich zu verfolgen. Ich beobachtete zunächst, dass eine geringe Anzahl der Stäbchen das Weite suchte. Die andern blieben ruhig in ihrem Gallertbett liegen. Als ich 24 Stunden später diesen Zweig wiederum ansah, waren alle seine kurzen Stäbchen, mit Ausnahme der terminal gelegenen, zu längeren bacillusartigen Stäbchen ausgewachsen (Taf. 3, Fig. 14). Die Stäbchen waren theils gerade, theils schwach bogenförmig gekrümmt, ein Umstand, auf den ich schon hier aufmerksam mache. Ich habe grosse baumförmige Colonien gesehen, die in allen ihren Theilen solche längere Stäbchen zeigten.

Wie bei der vorigen Form, schwärmten die Stäbchen zum Theil lebhaft aus.

d. Kurzstäbchen, Langstäbchen, schwach gekrümmte und stark gekrümmte Schrauben in derselben Zoogloea.

In Fig. 13 sieht man den Endast einer der Fig. 8 entsprechenden Colonie dargestellt. Dieser Endast zeigt an dem freien stumpfen Ende sehr kurze, meist in Zweitheilung begriffene Stäbchen; je weiter nach rückwärts, desto länger werden die Stäbchen, dabei fast ohne Ausnahme gekrümmte Form annehmend. Einige der gekrümmten Formen haben Bogengestalt (bei *b*), andere sind schwach schraubig (*sp'*), noch andere zeigen die Gestalt von *Spirillum undula* (*sp*). Alle diese Formen, sowohl die geraden Stäbchen als die gekrümmten und spiraligen, gehen, wie ich durch directe Beobachtung feststellte, in den Schwärmzustand über, die quellende Zoogloeagallert verlassend.

Man könnte mir vielleicht den Einwand machen, dass die bogig oder schraubig gekrümmten kürzeren oder längeren unter *d* und *e* beschriebenen Formen möglicherweise fremde Spaltpilzformen seien, die in die Gallert von aussen her eingewandert wären. Allein dieser Einwurf ist entschieden zurückzuweisen und zwar aus folgenden Gründen. Einmal sehen wir von der Spitze der Zoogloeazweige nach rückwärts gehend stets einen deutlichen Uebergang von geraden Stäbchen zu den Spiralformen, andererseits können wir in derselben Richtung eine successive Grössenzunahme der gekrümmten Formen verfolgen. Drittens sind Schrauben und Stäbchen von derselben Fadendicke. Das Hauptargument aber liegt darin, dass die baumförmige Zoogloea, auch wenn sie in vollkommen spaltpilzfreiem Wasser cultivirt wird, trotzdem ihre Einschlüsse zu gekrümmten, schraubigen Formen umbildet.

Da die baumförmige Zoogloea anfangs gerade Stäbchen, später gekrümmte bis schraubige Formen enthält, so ist der Schluss gerechtfertigt, dass die Stäbchen durch allmählich eintretende Krümmung sich zu den Schrauben umwandeln. Die directe Beobachtung eines grossen stäbchenführenden Astes bestätigt diesen Schluss.

Somit steht fest, dass die Spiralenbildung bei Cladothrix auf zwiefachem, total verschiedenen Wege vor sich gehen kann, einmal an verzweigten Cladothrixpflanzen, indem deren Zweige sich spiralig krümmen, dann ablösen und in Theilschrauben zerfallen, und zweitens in Zoogloeen, aus allmählich sich krümmenden Stäbchen.

e. Zoogloea mit leptothrix-, vibrio- und spirillenartigen Einschlüssen.

Am 8. Dezember stellte ich einen längeren Zweig einer baumförmigen Colonie ein, die schon aus längeren Stäbchen bestand. Am dritten Tage waren in diesem Zweige höchst eigenthümliche Veränderungen vor sich gegangen (Taf. 3, Fig. 15). Die bacillusartigen Stäbchen hatten sich zu längeren oder kürzeren Fäden entwickelt. Diese waren der Mehrzahl nach gekrümmt. Die schwächer gekrümmten erschienen mehr vibrionenartig oder leptothrixartig. Die stärker gekrümmten zeigten zum Theil spiralige Krümmung. Alle Formen accomodirten sich genau den Raumverhältnissen, sodass kein Faden die Gallertgrenze durchbrach. Die terminal gelegenen Einschlüsse waren noch bacillenartig, die übrigen um so länger, je weiter sie vom Ende des Zweiges zurücklagen.

Ich habe keine von den verschiedenen Formen der Einschlüsse die Gallert durchbrechen und direct ausschwärmen sehen. Aber ich habe gefunden, dass Colonien mit ebensolchen Einschlüssen immer ärmer an diesen wurden. Hieraus schliesse ich, dass auch die genannten Formen, ebenso wie die Bacterium- und Bacillusform, auszuschwärmen vermögen.

Dieser Schluss dürfte um so berechtigter erscheinen, als dieselben Elemente, wie sie in der Zoogloeagallert eingebettet lagen, auch ausserhalb derselben in grosser Menge anzutreffen waren, nicht bloss die schwach gekrümmten, sondern auch die Spirillenfäden.

Ein grösserer Zweig einer Zoogloea, den ich am 9. Dezember zur Einstellung brachte und der mehr in der Nähe des Deckglasrandes lag, entwickelte innerhalb sechs Tagen aus seinen anfangs nur stäbchenförmigen Einschlüssen ziemlich lange, vibrionen- oder leptothrixartige Fäden, die vibrionenartig kriechende Bewegung besassen. Obwohl die Gallert des Zweiges sich bedeutend verflüssigt zu haben schien (ein deutlicher Aussencontour war nicht mehr wahrzunehmen), verliessen diese beweglichen Fäden dennoch den Schleimheerd nicht und blieben noch weitere acht Tage in demselben liegen.

f. Cladothrix-Zoogloea.

Einen Zweig einer Cladothrixcolonie beobachtete ich etwa 14 Tage lang. Um diese Zeit hatten sich die Mehrzahl seiner Einschlüsse zu sehr langen leptothrixartigen Fäden ausgebildet, die übrigen waren zu typisch verzweigter Cladothrixform entwickelt vorhanden (Taf. 3, Fig. 16).

Die Lagerung aller dieser Fäden und Fadensysteme entsprach immer noch genau der Richtung des betreffenden Zoogloeaarmes, sodass es den Anschein hatte, als ob auch in diesen Fällen die Gallert noch vorhanden sei, wenn auch sehr verflüssigt. Bestimmtes lässt sich nicht ermitteln, da man die Gallert durch Reagentien nicht sichtbar machen kann. Wie dem auch sei, soviel steht fest, dass die bündel- oder schopfartigen lockeren Zusammenhäufungen von Cladothrixindividuen, wie man sie in cladothrixreichen Wassern so häufig antrifft, ihre Erklärung wenigstens zum Theil in der eigenthümlichen Entstehungsweise innerhalb der Zoogloeagallert findet.

Mit der Beobachtung, dass die Stäbchenformen der Zoogloea sich zu leptothrix- und cladothrixartigen Pflanzen ausbilden, ist zugleich ein weiterer Beweis geliefert, dass die beschriebene baumförmige Zoogloea in der That in den Entwickelungskreis der Cladothrix hineingehört.

Ein Ueberblick über die vorstehenden Resultate lehrt: 1) dass die Zoogloeen von Cladothrix alle die wichtigsten Entwickelungsformen enthalten können, die die Pflanze auch sonst producirt. Es giebt hier eine Micrococcen-, eine Stäbchen- und Spirillen-, eine Leptothrix-, Vibrio-, Cladothrix-Zoogloea; 2) dass unter Umständen gewisse Formen gleichzeitig in derselben Zoogloea vorhanden sein können, z. B. Stäbchenformen, Fadenformen, Spirillenformen; 3) dass die gekrümmten Formen aus den geraden entstehen; 4) dass die kürzeren Zustände, Stäbchen und Spirillen in den Schwärmzustand überzugehen vermögen. Hierzu sei noch hinzugefügt, dass unter ungünstigen Bedingungen, wo die Stäbchen- und die Spirilleneinschlüsse sich nicht weiter entwickeln, diese Formen sich in Stäbchen und dann in Micrococcen gliedern (Fig. 13*a*).

Die vorstehenden Beobachtungen sind nicht allzuschwer nachzumachen. Die Zoogloea kann man nach meiner Erfahrung in grossen Massen erziehen. Am leichtesten gewann ich sie, wenn ich Wurzeln der Saubohne (*Vicia Faba*) einige Tage, oder faulenden, die bekannten rothen Würmer enthaltenden Schlamm aus dem stinkenden Pankeflüsschen mit Wasser übergossen etwa acht Tage, oder endlich sich zersetzende Algenculturen, sowie faulende Fischeier längere Zeit stehen liess. In den ersteren Fällen erhielt ich Gallertmassen, welche die Oberfläche des Wassers in ihrer ganzen Ausdehnung in Form einer 1—2 mm dicken continuirlichen Haut bedeckten. In mehreren Culturen bestand diese Haut anfangs bloss aus den baumförmigen Zoogloeen. Sie hängen dabei meist so ins Wasser hinein, dass ihre Enden nach dem Boden des Gefässes zugewendet sind, während die Basis an der Wasseroberfläche liegt. Auch in meinen Objectträger-Culturen zeigte sich dies Verhalten, das auf einen positiven Geotropismus hinzudeuten scheint. Die Entwickelungsvorgänge an den Einschlüssen kann man selbst ohne besondere Hülfsmittel studiren. Es genügt nach meiner Erfahrung schon, wenn man die Bäumchen in einen Tropfen frischen Sumpfwassers auf den Objectträger bringt und sie mit einem Deckglas bedeckt im feuchten Raum liegen lässt. Besser ist es, die Colonien im hängenden Tropfen zu cultiviren, wo die Entwickelung schneller vor sich geht.

Wenn das Wasser, in welchem die baumförmige Zoogloea vegetirt, eisenhaltig ist, so nehmen diejenigen Zoogloeabäumchen, deren Einschlüsse nicht zu weiterer Vegetation gelangen, sondern vielmehr auf der Stufe der Micrococcus- oder der Bacteriumform stehen bleiben, ähnlich den Leptothrixfäden und den verzweigten Formen der Cladothrix, eine erst gelbe oder rostfarbige, später dann ins Braune bis Braunschwarze gehende Färbung an, indem die Eisenverbindungen in Form von Lösungen die Gallert der Stöcke zu durchdringen scheinen. Der Process verläuft gewöhnlich basifugal.

Wenn ich die Aufmerksamkeit auf diese Bildungen lenke, so geschieht es deshalb, weil man dieselben in cladothrixhaltigem Wasser mitunter häufig antrifft. In meinen Culturen traten sie sogar in grösster Massenhaftigkeit auf, dergestalt, dass sie an der Oberfläche des Wassers, wo die Luft unmittelbaren Zutritt hat, oft Quadratcentimeter grosse dichte braune Flocken bildeten. Die Dendriten sind im dunkelbraunen Zustande äusserst starr und daher leicht zerbrechlich. Sie sind äusserlich von gleichfalls braunen, eisenhaltigen Zweigsystemen der Cladothrixform, mit der sie bisweilen vergesellschaftet sind, nicht zu unterscheiden, es ist letzteres nur erst nach Behandlung mit schwachen Säuren möglich, welche die Einschlüsse wieder sichtbar machen. Die von der Cladothrix stammen-

den Bäumchen zeigen dann inmitten der Gallertmasse deutlich die begrenzte Scheide, während diese bei den braunen Zoogloeabäumchen selbverständlich fehlt. Die Fragmente der Letzteren haben für den, der ihre Entstehungsweise aus der Zoogloea nicht kennt, etwas Räthselhaftes.

Obwohl man die baumförmige Zoogloea schon über ein Jahrzehnt kennt, und dieselbe von verschiedenen Botanikern beobachtet wurde, blieb ihre genetische Beziehung zu Cladothrix bisher unbekannt, da man versäumte, ihre Entwickelungsgeschichte zu verfolgen.

Sie ward zuerst von ITZIGSOHN[1] beobachtet und unter dem Namen *Zoogloea ramigera* beschrieben. Es scheint mir unzweifelhaft, dass ITZIGSOHN die Entwickelung der Einschlüsse zu Leptothrix-, Vibrio- und Spirillenformen bereits gesehen hat. Er giebt auch an, dass er die Spirillen hat ausschwärmen sehen.

CIENKOWSKI[2] hat die Gallertcolonien der *Zoogloea ramigera* offenbar gleichfalls vor sich gehabt, wie ich aus seinen Zeichnungen und seiner Beschreibung schliesse. Er sah bereits als Einschlüsse Kurzstäbchen, Langstäbchen und gerade oder gekrümmte Fadenformen und ahnte, dass diese Zustände in den Entwickelungskreis der *Cladothrix* hineingehören, ohne jedoch den wissenschaftlichen Beweis hierfür beibringen zu können.

Die Entwickelung der Stäbchen zu Leptothrix hat er ohne Zweifel beobachtet, und die stark gekrümmten Fäden, die er in den Colonien fand, entsprechen jedenfalls den von mir beobachteten vibrio- und spirillumartigen Fäden. Ein Ausschwärmen der kurzen Einschlüsse hat er noch nicht gesehen. Später fand KOCH die *Zoogloea ramigera* im Stäbchenzustande in Algenculturen in grosser Menge wieder. Er verfolgte jedoch ihre Entwickelung nicht, sondern gab nur eine photographische Abbildung und eine Beschreibung jenes Zustandes.[3]

Ueberblicken wir den interessanten Entwickelungsgang der *Cladothrix dichotoma*, so werden wir finden, dass er fast alle bekannten Hauptformen der Spaltpilze in sich schliesst, sich also in ziemlich weiten Grenzen bewegt.

Aus den Micrococcen der Pflanze gehen bacterium- oder bacillusartige Stäbchen hervor, die zu leptothrixartigen Fäden heranwachsen. Letztere bilden durch Pseudoverzweigung denjenigen Entwickelungszustand des Spaltpilzes, den man bisher ausschliesslich unter der Bezeichnung Cladothrix verstand.

Die längeren Stäbchen aus denen die Leptothrix- und Cladothrixform besteht, gehen durch Quertheilungen wiederum zu kürzeren, bacteriumartigen Stäbchen und endlich zu Micrococcen zurück.

Von den Fäden und Zweigen können sich mehr oder minder lange Stücke ablösen und in den Schwärmzustand übergehen. Infolge eines eigenthümlichen einseitigen Wachsthums der Membranen können die Zweige der Cladothrix eine mehr oder minder auffallende Schraubenform annehmen. Die Fadendicke dieser Schrauben wechselt; noch auffallender erscheint die

---

[1] Sitzungsbericht der naturforschenden Freunde zu Berlin 19. November 1867.
[2] l. c. [3] Untersuchungen über Bacterien VI. in COHN, Beitr. Bd. II, p. 414, Taf. 15, Fig. 1.

Variabilität der Schrauben in Bezug auf Höhe und Durchmesser der Windungen. Durch alle diese Modificationen werden die Schrauben theils vibrionenartig, theils spirillenartig, theils spirochaetenartig. Die Uebergänge dieser Formen in einander konnten an denselben Schrauben nachgewiesen werden. Die Schrauben sind bald starr, bald flexil. Sie können sich gleichfalls vom Mutterindividuum ablösen und in den Schwärmzustand übergehen.

Da die Cladothrixschrauben im Princip nur gewöhnliche Cladothrixfäden sind, so ist es nicht zu verwundern, dass sie ihrerseits die nämliche Gliederung in bacillus-, bacterium- und schliesslich micrococcenartigen Stücke zeigen, wie jene.

Die Zoogloea der Cladothrix tritt theils in Form der Zoogloea ramigera, theils in anderer Form auf; sie kann nach einander alle Entwickelungsformen der Pflanze produciren.

Zuerst sind in ihr nur Micrococcen vorhanden, dann werden kürzere Stäbchen, dann längere Stäbchen, dann leptothrixartige Fäden und schraubige Formen und endlich cladothrixartige Zweigsysteme gebildet.

Mit Ausnahme der Cladothrixform können alle Zustände ausschwärmen, selbst die kürzeren leptothrixartigen Einschüsse der Zoogloea nehmen unter gewissen Verhältnissen Bewegung an, nur ist dieselbe mehr eine lebhaft kriechende, denn eine Schwärmbewegung, durch Geisseln vermittelt.

II.

Beggiatoa alba (Vauch).[1]

Den nächst Cladothrix gemeinsten Wasserpilz repräsentirend kommt sie in Gewässern, die reich an faulenden Substanzen sind, gewöhnlich in grossen Massen vor. Die weissgrauen schleimigen Häute und fluthenden Rasen oder Lappen, die man in stinkenden Gräben, in Fabrikabflüssen, namentlich der Zuckerfabriken, in Cloaken etc. Schlamm und faulende Gewächse, Cadaver, Steine u. dgl. überziehen sieht, pflegen ihrer Hauptmasse nach aus *Beggiatoa alba* zu bestehen. Sie treten nach meiner Erfahrung nicht selten in solcher Massenhaftigkeit auf, dass sie stattliche seichte Bäche auf weite Strecken nahezu vollständig auszufüllen vermögen.[2] Nach Warming's und Oersted's Beobachtungen lebt die Pflanze auch im Brakwasser und ist an den dänischen Küsten, sowie in den Kanälen Kopenhagens eine häufige Erscheinung. Aller Wahrscheinlichkeit nach besteht auch die Spaltpilz-Vegetation der Schwefelthermen aller Länder vorwiegend aus *Beggiatoa alba.* Für Untersuchungen kann man sich leicht Material verschaffen, wenn man grössere Quantitäten von Algen in Flusswasser faulen lässt oder stark faulenden Schlamm mit Wasser übergiesst.

1. Leptothrix-Zustand.

Hierunter soll diejenige Entwickelungsform verstanden werden, welche lange, sowohl dünnere als auch dickere Fäden darstellt, also diejenigen Zustände, die man bisher ausschliesslich unter dem Namen Beggiatoa verstand (Taf. 4, Fig. 12).

Wenn man eine klare Einsicht in den morphologischen Character dieser Zustände gewinnen will, hat man ein wichtiges, den bisherigen Beobachtern, wie es scheint, unbekannt gebliebenes Moment zu berücksichtigen, dass nämlich die frei im Wasser schwimmenden, mit oscillarienartiger Bewegung ausgerüsteten Fäden für ein genaueres Studium durchaus unzureichend sind. Dieser Umstand liegt darin begründet, dass Fäden jener Art, auch wenn sie beträchtliche Länge besitzen, meist weiter nichts sind, als Fragmente von Beggiatoenpflanzen, genauer ausgedrückt, dass sie gewöhnlich nur die Endstücke der letzteren oder gar nur Bruchtheile solcher Endstücke darstellen. Man hat daher zunächst

---

[1] Trevisan, Prospetto della Flora Euganea p. 58. Rabenhorst, Kryptogamen-Flora I. Pilze von Winter p. 58. — Cohn in Hedwigia 1865. p. 82. — Warming l. c.

[2] Ich machte eine solche Beobachtung im Sommer und Herbst z. B. an dem wegen seiner üblen Gerüche bekannten „schwarzen Graben“ bei Charlottenburg.

vollständige Individuen aufzusuchen, und solche trifft man mit Sicherheit nur in den Pflanzen an, welche festgewachsen sind. Solche festsitzende Beggiatoen finden sich an allen möglichen, im Wasser faulenden Pflanzen (beispielsweise *Cladophoren*, *Vaucherien*, *Ceratophyllum* etc.), deren Theile sie in Form einer Bürste überdecken. Gewöhnlich hat man in einem und demselben Rasen alle Entwickelungszustände der Leptothrixform vor sich.

Zu welchen Irrthümern und Ungenauigkeiten die ausschliessliche Betrachtung freischwimmender Beggiatoentheile führen kann, zeigt die bisher allgemein als richtig behandelte Ansicht, dass bei den Fäden der Beggiatoen, und speciell auch der vorliegenden Art, ein Gegensatz von Basis und Spitze nicht vorhanden sei. Und doch lässt sich an festsitzenden vollständigen Individuen auf den ersten Blick die Unrichtigkeit dieser Ansicht erweisen. Man kann nämlich leicht feststellen, dass erstens der Durchmesser der Fäden von dem angehefteten nach dem freien Ende hin allmählich sich vergrössert (Taf. 4, Fig. 2), zweitens die Gliederung durch Scheidewände, die in der Nähe des festgehefteten Endes deutlich zu Tage tritt, nach der anderen Seite hin allmählich undeutlich wird, drittens die festsitzende Region meistens ganz schwefelfrei erscheint, während nach der entgegengesetzten Richtung Schwefelkörnchen auftreten und an Zahl und Grösse immermehr zunehmen (Taf. 4, Fig. 1 *b*, *c*, Fig. 2), endlich viertens an älteren Fäden die Micrococcenbildung, die sogleich näher charakterisirt werden soll, und die Vergallertung der Membran in basipetaler Richtung vorschreiten. Was die Entwickelungsstadien der Leptothrixform betrifft, so erscheinen die jugendlichsten Fäden sehr dünn, fast oder auch ganz körnchenfrei und lassen meist eine deutliche Gliederung durch Querwände in Langstäbchen erkennen, ohne dass eine Anwendung von Reagentien nöthig wäre.

Kurze, körnchenfreie Fäden mit Langstäbchenbildung stellen also die erste Phase der Leptothrixentwickelung dar. Durch fortgesetzte Streckung und Theilung ihrer Glieder verlängern sich diese Fäden. Während dieses Vorgangs treten Schwefelkörnchen auf, zunächst in Form sehr kleiner, schwach oder stark lichtbrechender Punkte. Mit der Ausbildung der Fäden nehmen sie an Grösse und Zahl zu und erhalten ein noch stärkeres Lichtbrechungsvermögen. Von der bereits erwähnten Regel, dass die Zahl und Grösse der Körnchen in acropetaler Richtung zunimmt (Fig. 2), treten hin und wieder Ausnahmen auf, dahin gehend, dass oft an einer einzigen oder an mehreren Stellen eine Anhäufung von Körnchen auftritt, während benachbarte Theile eine schwache oder selbst gar keine Körnchenbildung zeigen (Fig. 1 *a*, *g*, *f*).

Es wurde bereits für *Cladothrix dichotoma* die beachtenswerthe Erscheinung constatirt, dass Fadenstücke der Cladothrix- und Leptothrix-Form sich von der Mutterpflanze ablösen können, um dann oscillarienartige Bewegung anzunehmen. Die *Beggiatoa alba* bietet in dieser Hinsicht ein ausgezeichnetes Analogon. So lange die festsitzenden Fäden des Pilzes eine gewisse Länge und ein gewisses Alter nicht überschritten haben, erscheinen sie vollständig starr, unbeweglich. Sie starren dann von den Algenfäden ab, wie die Borsten einer Bürste. Haben aber die Fäden eine gewisse Länge und ein gewisses Alter erreicht, so bieten die Colonieen ein ganz anderes, bewegtes Bild. Die Enden der Fäden (nicht aber deren Basaltheile) biegen und krümmen sich mehr oder minder stark nach Art der Oscillarien, bald nach dieser, bald nach jener Seite hin. Sobald diese Bewegungen mit einer gewissen Energie ausgeführt werden, knickt gewöhnlich ein mehr oder minder langes Endstück ab und schwimmt davon, nunmehr die Oscillarienbewegung in

noch auffallenderer Weise zeigend. Die festsitzenden, nicht so deutlich gegliederten Basalstücke bleiben als starre Fäden zurück und verlängern sich durch intercalares Wachsthum aufs neue zu längeren Fäden, an denen sich schliesslich der Ablösungsprocess wiederum vollzieht. Diese Vorgänge können, wie es scheint, sich ins Unbestimmte wiederholen. Es liegt nahe zu fragen, warum denn nur den längsten und ältesten Fäden der *Beggiatoa* jene eigenthümliche, zur Abtrennung der Endstücke führende Bewegungsfähigkeit innewohnt, während doch jüngere, kürzere Fäden durchaus unbeweglich sind, und zweitens, warum denn nur die Fadenenden, nicht aber die basalen Theile an den veränderlichen Krümmungen Theil nehmen. Eine befriedigende Lösung dieser Fragen lässt sich wenigstens andeuten. Man kann nämlich leicht beobachten, dass die starre basale Region der Fäden eine deutliche, scharf contourirte Membran besitzt, während die Membran der Endtheile, die zur Zeit der Bewegungsfähigkeit meist schon in Micrococcenbildung übergegangen und meistens durch grossen Körnchenreichthum ausgezeichnet sind, so stark vergallertet erscheint, dass ein einigermassen deutlicher Contour schon nicht mehr wahrzunehmen ist. Behandlung der Fäden mit schwachen Reagentien bringt diese Verhältnisse noch klarer zur Anschauung. Wenn man die Flexilität der Fäden als eine Folge von Diffusionserscheinungen auffasst, so muss sich dieselbe natürlich an denjenigen Theilen am stärksten geltend machen, deren Membran infolge von Vergallertung die grösste Diffusibilität zeigt.

Die infolge der energischen Biegungen und Krümmungen abgeknickten oder abgedrehten Fadenstücke, die eine relativ bedeutende Länge (mitunter von mehreren Millimetern) zeigen können, haben ihrerseits die Fähigkeit, einen Zergliederungprocess einzugehen, der zur Bildung von Stäben und Stäbchen der verschiedensten Grösse führt (Fig. 14. 15). Er vollzieht sich sowohl an den dünneren, wie an dickeren Fäden und lässt sich unter dem Deckglase direct und häufig beobachten. Ist der in Stäbchen zerknickende Faden nur in einem Theile mit Schwefelkörnchen versehen, im andern schwefelfrei (Fig. 15), so müssen selbstverständlich auch die Zerknickungsproducte theils schwefelhaltige, theils schwefelfreie Stäbchen sein. Formen letzterer Art, die man in den Culturen häufig antrifft, könnte man, nach ihrer vollständigen Abtrennung vom Mutterfaden, auf dem ersten Blick eher für Entwickelungszustände anderer Spaltpilze halten, als für Beggiatoa-Fragmente; und wer weiss, ob nicht solche Fragmente, zumal bei reichlichem Auftreten, schon mit ähnlichen Stäbchen irgend eines nicht beggiatoenartigen Spaltpilzes identificirt, oder gar zu einer neuen Species erhoben wurden. Uebrigens sei bemerkt, dass die Stäbe bei ihrer Entstehung durch Einknickung von grösseren Fadenstücken bisweilen eine schwächere oder stärkere Krümmung erhalten. Worauf dies beruht, lässt sich schwer entscheiden.

Die isolirten Stäbchen besitzen gleichfalls oscillarienartige Bewegung. Aus den noch theilungsfähigen entwickeln sich jedenfalls längere Fäden.

Wie spätere Darlegungen zeigen werden, bilden die *Beggiatoen* Stäbchenformen auf noch ganz anderem Wege, nämlich direct aus Micrococcen. Die abgeknickten Fadenstücke und Stäbchen zeigen, namentlich wenn sie an Schwefelkörnchen reich sind, meist keinerlei Gliederung (Fig. 4—8). Nach Behandlung mit Reagentien, wie verdünnten Säuren, Fuchsin- oder Methylviolett-Lösungen, Glycerin, Alkohol, Haematoxylinlösung, lässt sich letztere indessen zu deutlicher Anschauung bringen.

Die basalen Theile der Beggiatoenfäden, die als Stümpfe dem Substrat ansitzen bleiben (Fig. 1*e*, *g*, *h*), gewinnen in ihrer deutlichen Zellstructur und ihrem gewöhnlichen

Mangel an Schwefelkörnchen im Gegensatz zu den abgelösten körnchenreichen Fadentheilen ein so eigenthümliches Aussehen, dass derjenige, der ihre Entstehung und Bedeutung nicht kennt, nicht nur in Ungewissheit kommen kann, ob er *Beggiatoa alba* vor sich hat, sondern sogar die Beggiatoennatur derselben überhaupt bezweifeln könnte, zumal sie mitunter mehr wie Crenothrixtheile aussehen (Fig. 1 *h*).

Bacillus-Bacterium-Micrococcusform.

Die Glieder, aus denen die Fäden bestehen, tragen zunächst den Charakter der Bacillusform (Fig. 2). Sie stellen cylindrische Zellen dar, deren Längsdurchmesser den Querdurchmesser ums zwei- bis dreifache übertrifft. Allein die Theilungsvorgänge bleiben nicht auf dieser Stufe stehen. Denn jedes Bacillusglied theilt sich zunächst durch eine Querwand, die meistens, aber nicht immer, genau der Mitte entspricht, in zwei kürzere Cylinderstücke, die nahezu isodiametrisch erscheinen (Fig. 12. 13. 16). Diese Theilungsvorgänge lassen sich hin und wieder selbst an noch lebenden Individuen, also ohne Anwendung von Reagentien erkennen. Aber die Theilungen gehen noch einen Schritt weiter, was sich jedoch meist nur mit Hülfe der obengenannten Mittel constatiren lässt. Die isodiametrischen Stücke theilen sich nämlich nochmals durch eine mittelständige Scheidewand und so wird schliesslich der ganze Faden in eine Unzahl von sehr niedrigen Scheibenstücken gegliedert (Fig. 17. 18). Die Scheidewände stehen bald genau senkrecht auf der Achse des Fadens, bald treten sie in etwas schiefer Richtung auf (Fig. 18).

Hiermit sind aber nur erst die Theilungen in der Querrichtung des Fadens beendet. Es treten nämlich schliesslich auch noch fernere Theilungen in den niedrigen Scheibenstücken auf, die aber nunmehr in einer andern Richtung, nämlich parallel zur Längsachse des Fadens verlaufen. So wird jede Scheibe in zwei Scheibenhälften getheilt (Fig. 18), die sich ihrerseits durch Längswände in zwei Scheibenviertel gliedern können. Diese letzten Theilstücke runden sich schliesslich ab, um nunmehr Micrococcen darzustellen. — Die Micrococcenbildung erfolgt an den Fäden in der Regel basipetal. Ich fand indessen mitunter auch Fäden, wo sie von einer mittleren Partie aus, sowohl in basi- als acropetaler Folge auftrat. Man sieht einem Faden den Micrococcenzustand leicht an, denn in diesem Zustande ist er meist reich an Schwefelkörnchen in dichter Lagerung.

Die Thatsache, dass Beggiatoen Micrococcen bilden können, war bisher unbekannt.

In dünneren Fäden der Pflanze treten natürlich die genannten Längstheilungen der Glieder (parallel der Fadenaxe) nicht auf; die Bildung der Micrococcen wird hier schon durch blosse Quertheilung erreicht (Fig. 1 *e*). Sie sind daher hier nur in einer Längsreihe gelagert, während sie in jenen Fällen in mehreren Längsreihen auftreten.

Wenn wir diese Theilungsvorgänge vergleichen mit den Theilungsvorgängen, wie sie in den Fäden der *Crenothrix*[1] und der *Cladothrix* auftreten, so drängt sich auch in diesem Punkte eine unverkennbare Analogie zwischen diesen Pflanzen auf.

Nur bezüglich der Art und Weise wie die Micrococcen zur Isolirung gelangen, schliesst sich *Beggiatoa alba* nicht an die Gattungen *Crenothrix* und *Cladothrix* an, denn sie ist nämlich nicht, wie die erwähnten Generationen, mit einer Gallertscheide ausgerüstet,

[1] Vergleiche W. Zopf, Entwickelungsgeschichtliche Untersuchung über *Chrenothrix polyspora*. Taf. 3, Fig. 1—4. p. 13.

aus der die Coccen austreten könnten, sondern dieselben bleiben im Fadenbande so lange liegen, bis sie sich durch fortgesetzte Quertheilung gegeneinander verschieben und durch zufällige Einflüsse (Bewegungen des Wassers etc.) trennen. Man vergleiche die Entwickelungsreihe in Taf. 4, Fig. 20—22.

Durch ihre Lagerung lassen die Micrococcen mitunter noch lange erkennen, dass sie aus je einem Bacillusartigen Gliede hervorgegangen sind (Fig. 21) (wie das auch bei Cladothrix der Fall ist, so lange die Micrococcen noch in der Scheide liegen).

Die Micrococcuszellchen stellen kugelige oder ellipsoïdische Körperchen von äusserster Winzigkeit dar. Die Membran erscheint äusserst zart, weil gallertig und ist daher leicht übersehbar. Das Lumen der Zellchen wird von ein bis drei relativ grossen Schwefelkörnchen fast ganz ausgefüllt. Da die Zellchen stark gallertig sind, so stellen die durch wiederholte Quer- und Längstheilungen aus den oben beschriebenen Bacillusartigen Gliedern hervorgegangenen Micrococcen häufiger gleich von vornherein kleine Zoogloeen dar.

Ihre Zellchen können unter gewissen Verhältnissen in den Schwärmzustand übergehen. Ich habe an einem Decembertage 1880 um die Mittagszeit ganze Gruppen, die ich eine Stunde lang beobachtete, ausschwärmen sehen. Die gleiche Beobachtung wurde Ende März 1881 an einer anderen Cultur und später noch an mehreren gemacht, sodass die Schwärmfähigkeit als ein sicher gestelltes Factum anzusehen ist. Die Schwärmbewegung ist sehr lebhaft, ein Strudel in der unmittelbarsten Nähe der Micrococcen deutlich wahrnehmbar; doch konnte bei der Kleinheit des Objectes nicht festgestellt werden, ob ein oder zwei Cilien vorhanden sind.

Noch ehe das Ausschwärmen durch directe Beobachtung constatirt wurde, liess sich dasselbe auf indirectem Wege feststellen. Ich konnte nämlich in den Culturen leicht nachweisen, dass Algenfäden und Fäden von Cladothrix, die in einer gewissen Entfernung von mehreren Centimetern von dem Heerde der *Beggiatoen*-Vegetation vorhanden waren, oft ganz dicht von ruhenden Micrococcen der *Beggiatoa alba* bedeckt wurden. Es leuchtet ein, dass diese Körperchen nicht zu diesen entfernten Stellen hätten gelangen können, wenn sie nicht die Fähigkeit des Schwärmens besessen hätten. In Theilung begriffene Micrococcuszellchen und solche, an denen die Theilung bereits erfolgt war, schwärmten noch zusammenhängend ebenso lebhaft, wie diejenigen, welche noch einfach waren.

Zur Ruhe gekommen vermehren sich die Micrococcen gleichfalls lebhaft durch Zweitheilung. Wenn sie hierbei vereinigt bleiben infolge der Vergallertung ihrer Membran, so entstehen Zoogloea-Colonieen. Die Form derselben zeigt nichts Charakteristisches. Sie ist meistens unregelmässig, der Contour niemals ein scharfer. Eine Verwechselung dieser Zoogloeabildungen mit den Zoogloeenformen anderer Spaltpilze dürfte nicht leicht möglich sein, weil der dunkle, stark lichtbrechende Inhalt der Zellchen, der ganzen Colonie ein höchst charakteristisches Ansehen verleiht.

Die Bildung von grösseren Zoogloeen-Massen durch fortgesetzte Zweitheilung der Coccen scheint bei *Beggiatoa alba* an eine ganz bestimmte Beschaffenheit des Substrats gebunden zu sein, die nicht in jeder Cultur erreichbar ist. Wenn ich indessen Culturen von grünen Fadenalgen, namentlich Cladophoren und Spirogyren, welche z. Th. in einen Zustand schwacher Fäulniss übergegangen waren, mit *Beggiatoa alba* inficirte, trat die Micrococcenzoogloeaform in schönster massiger Ausbildung auf. Es wurde dieses Experiment

mehrere Male gemacht und immer mit demselben Erfolg, sodass reichliches Material zur Untersuchung geboten wurde. Die Zoogloeen überziehen Spirogyren, Vaucherien, Cladophoren oft so dicht, dass deren Fäden ganz schwarz erscheinen und allseitig eingehüllt werden (Fig. 23). Trotz ihrer Massenhaftigkeit scheinen diese Zustände noch von keinem Botaniker gesehen zu sein, wenigstens ist in der Literatur keine Andeutung gegeben.[1] Um zu sehen, was aus den Micrococcen werde, cultivirte ich sie in einem hängenden Tropfen Sumpfwasser oder jener Algeninfusionen.

Die Micrococcen gingen, indem sie sich etwas in die Länge streckten, nach mehreren Tagen in kurze Bacteriumartige Stäbchen über (Fig. 24*e*—*f*). Letztere sind etwa doppelt bis dreimal so lang, als eine Micrococcuszelle und zeigen die charakteristischen dunkeln Körnchen in geringer Anzahl. Die Stäbchen können ebenfalls in den Schwärmzustand übergehen; sie schwärmen sehr lebhaft, sowohl nach vor- als nach rückwärts. Der Nachweis von Cilien konnte auch hier nicht direct geführt werden, doch weist der an beiden Polen der Stäbchen bei der Bewegung entstehende Strudel offenbar auf die Existenz derselben hin. Manche Stäbchen erscheinen von gebogener Gestalt, sie beschreiben beim Schwärmen eine Spirallinie, sind also Vibrionenartig (Fig. 25*f*). Die Schwärmstäbchen setzen sich, wie die Micrococcen, mit Vorliebe an Fadentheilen anderer Pflanzen, an Cladophoren, Vaucherienfäden, an die entleerten Scheiden von Cladothrix etc. an. Nachdem sie zur Ruhe gelangt sind, wachsen sie zu den Leptothrixförmigen Fadenzuständen aus.

Es scheint jedoch, dass die Entwickelung der Micrococcen zu Schwärmstäbchen häufig übersprungen wird und jene gleich direct zu Fäden auswachsen (wie es auch bei *Cladothrix* und bei *Crenothrix* häufig vorkommt, bei letzterer Pflanze sogar die ausschliessliche Regel zu sein scheint). Ich schliesse dies daraus, dass man hin und wieder junge Beggiatoenfäden findet, welche noch in dem Schleim der Zoogloea stecken, aus der sie hervorgegangen sind (und die oft noch unausgekeimte Micrococcen enthält) und ein Büschel mit gemeinsamer Schleimbasis darstellen. Es bieten diese Zustände ähnliche Bilder dar, wie ein unmittelbar aus den Micrococcen ein und desselben Zoogloeahäufchens hervorgegangenes Fädenbüschel von *Crenothrix.* (Man vergl. Taf. 2 Fig. 11 meines Crenothrixschriftchens.) Ueberdies zeigen Algenfäden, an denen sich Micrococcen ansetzten, alle Stadien von der Stäbchenbildung bis zur Fadenform dicht nebeneinander.

Die Beggiatoenfäden sind anfangs, so lange sie noch kurz und dünn erscheinen, sehr häufig vollständig körnchenfrei, während die Micrococcen sowohl, als die Stäbchenschwärmer stets mit sehr deutlichen, oft relativ grossen Körnchen versehen sind. Man darf hiernach vermuthen, dass bei dem Auswachsen der Micrococcen und Stäbchen zu Fäden die Körnchen aufgelöst werden.

Warmings Vermuthung (l. c. Franz. Resumé p. 19), die dahin geht, dass alle die rosenrothen Stäbchenformen, die er als *Bacterium sulfuratum* beschreibt und auf Taf. 8, Fig. 6 abbildet, als Schwärmer der *Beggiatoa alba* aufzufassen seien, kann nicht aufrecht erhalten werden, da *Beggiatoa alba* niemals rosenrothe Formen erzeugt. Diese Formen gehören vielmehr in den Entwickelungsgang einer anderen rosenrothen Beggiatoen-

[1] Zum Zwecke schneller Erzeugung von grossen Micrococcenmengen empfiehlt es sich Spirogyren oder andere Algen mit sehr wenig Wasser zu übergiessen, sie mit Beggiatoa alba zu inficiren und 8—14 Tage stehen zu lassen.

Species (*B. roseo-persicina mihi*) hinein. Immerhin ist die Warming'sche Ansicht interessan genug, da sie zeigt, wie sehr sich schon ihm die Ueberzeugung aufdrängte, dass jene Formen zu Beggiatoen gehören müssten.

Spirillenbildung.

Aus den vorstehenden Darlegungen dürfte die Thatsache zu entnehmen sein, dass *Beggiatoa alba* eine gewisse morphologische Aehnlichkeit mit Cladothrix aufweist, eine Aehnlichkeit, die sich nicht nur in dem Bau der Fäden, in der Micrococcenbildung und in der Stäbchenbildung, sondern auch in dem Schwärmzustande der beiden letztgenannten Formen ausspricht.

Im Hinblick auf diese Thatsache musste die Frage entstehen, ob die vorliegende Pflanze nicht auch eine Entwickelungsform erzeugen könne, die als ein Homologon der Schraubenform der Cladothrix anzusprechen sei. Es liess sich um so eher ein positives Resultat erwarten, als ich in allen den zahlreichen Fällen, in denen ich die Pflanze in üppiger Vegetation antraf, stets ein mehr oder minder reichliches Auftreten von Spirillenformen beobachtete, die dieselbe reichliche Einlagerung von Schwefelkörnchen zeigten, wie sie in den nicht spiraligen Fäden eintritt, und die auch in anderen Eigenschaften von mehr untergeordneter Natur, wie dem Mangel einer deutlichen Membran, der Farblosigkeit, der Dickendimension, dem Wechsel in der Fadendicke u. s. w. mit gewöhnlichen Fäden der Beggiatoa übereinstimmten. Allein es wollte mir trotz reichlichen Materiales und unausgesetzter Bemühungen lange Zeit hindurch nicht gelingen, den augenscheinlich vorhandenen genetischen Zusammenhang zwischen diesen Spirillen- und Beggiatoa-Fäden mit wissenschaftlicher Sicherheit nachzuweisen, bis ich an Material aus einer üppigen Cultur der Pflanze auf Schlamm, in welchem Würmer faulten, beobachtete, dass die Spirillen zum Theil in der That nur spiralig gewundene Theile gewöhnlicher Beggiatoenfäden darstellen.

In Fig. 27 ist ein Beggiatoenfaden dargestellt, der in der einen Hälfte wenig, an der andern stark und zwar regelmässig gekrümmt ist. Ich beobachtete diesen Faden zufällig einige Zeit und sah nun, wie das spiralige Stück in ein Hin- und Herschwanken gerieth, um schliesslich abzubrechen und als starre Spirale hinweg zu schwimmen. Ich habe diesen Vorgang auch noch in einigen anderen Fällen, im Ganzen aber nur wenige Male gesehen, obwohl an einem Ende spiralige Fäden nicht selten sind (Fig. 26). Dass man solche zu Gesicht bekommt, gerade in dem Momente, wo die Spirale sich abgliedert, hängt offenbar von einem glücklichen Zufall ab.

Allem Anschein nach ist es Regel, dass die Spirillen sich nur von dünneren, also jüngeren und darum noch nicht allzu schwefelreichen Fäden der Beggiatoa abschnüren. Es darf dies aus dem Umstande geschlossen werden, dass man auch in den üppigsten, spirillenreichsten Culturen niemals Schrauben von einer Fadendicke findet, die den dicksten, ältesten, sehr schwefelreichen Fäden entspricht, die sich bereits im Micrococcenzustande befinden. Die Schrauben werden zwar ziemlich lang, scheinen jedoch niemals die Länge der riesigen Schrauben von Cladothrix zu erreichen. Sie zeigen nur wenige Windungen und zerfallen leicht durch eine oder zwei Querwände in Tochterschrauben, die sich ihrerseits in je zwei Enkelschrauben theilen. Alle Formen tragen an jedem Ende eine einzige

grosse, ziemlich dicke Geissel, die im Moment der Ruhe nachlässig nach hinten zurückgeschlagen wird und bei der Bewegung peitschenartige Linien beschreibt. Sie dient auch als Haftorgan und wird um dünne Spaltpilz- oder Algenfäden etc. geschlungen.

Unmittelbar nach dem Moment der Theilung existirt an dem der Abtrennungsstelle entsprechenden Ende noch keine Geissel. Sie wird später aber auch hier gebildet, da auch kurze Schrauben fast immer an beiden Enden bewimpert sind. Wie die Geisseln entstehen, konnte nicht ermittelt werden. Die Schwärmbewegung ist äusserst lebhaft. Die Zahl der Schwärmer fand ich in manchen Culturen spärlich, in manchen dagegen (namentlich solchen, die mit faulendem Schlamm angestellt wurden), so gross, dass das ganze Gesichtsfeld von diesen zierlichen Gebilden wimmelte.

Die schwefelreicheren Schrauben sind mit Cladothrixspirillen nicht zu verwechseln. Aber es giebt von den körnchenreicheren Formen aus alle Stufen, die zu fast oder ganz körnerlosen Formen führen und letztere von Cladothrixspirillen zu unterscheiden ist unmöglich.

Es war nach der auffallenden Analogie in der Bildungsweise der Schrauben von Cladothrix und Beggiatoa Hoffnung vorhanden, dass man bei letzterer Pflanze auch Spirochaetenartige Schrauben auffinden würde, allein ich habe niemals, trotz aller Bemühungen, analoge Formen für Beggiatoa alba nachzuweisen vermocht, obwohl mir das reichste Material zu Gebote stand und die spirillenartigen Schrauben, wie man aus dem Vergleich der Figg. 30—40 auf Taf. 4 ersehen wird, eine gewisse Variabilität nicht sowohl in der Fadendicke als auch in der Grösse des Querdurchmessers der Windungen darbieten.

Bei der Massenhaftigkeit, in der die Spirillen auftreten und bei ihrer auffallenden Grösse und Hurtigkeit scheint es mir unzweifelhaft, dass diese Zustände auch schon anderen Beobachtern häufig aufgefallen und bereits beschrieben worden sind; doch vermochte ich nicht festzustellen, unter welcher Bezeichnung, ob Spirillum oder Ophidomonas, sie in der Literatur angezeigt wurden, ein Nachtheil, der wohl um so weniger bedauerlich erscheint, als alle die Namen, die blosse Entwickelungszustände von Spaltpilzen bezeichnen, künftig doch gänzlich fallen gelassen werden müssen.

In den Spiralschwärmern mit ihren ausserordentlich hurtigen Bewegungen und in den Micrococcen- und Stäbchenschwärmern, deren Bewegung noch lebhafter ist, besitzt die Pflanze ein bequemes Mittel, sich schnell und leicht im Wasser zu verbreiten und neue Ansiedelungen zu gründen. Da man bisher die Schwärmzustände nicht kannte, so glaubte man, die active Verbreitungsfähigkeit der Beggiatoen hänge einzig und allein ab von der anscheinend allerdings recht energischen, aber doch zu relativ nur unbedeutenden Ortsveränderungen führenden Beweglichkeit der flexilen Fäden, und nahm natürlich an, dass es einer Beggiatoa sehr schwer werde, einen neuen Standort aufzusuchen.[1]

Schraubenformen von Beggiatoa alba können noch auf einem anderen Wege gebildet werden. Wie ich bereits anführte, krümmen sich die aus Micrococcen hervorgegangenen Stäbchen schwach und beschreiben beim Schwärmen eine Schraubenlinie. Indem ich reinen Micrococcus der *B. alba* in Sumpfwasser cultivirte, erhielt ich ganze Schwärme solcher Kurzschrauben. Ob sie eines Wachsthums in die Länge fähig sind — und diese Vermuthung

---

[1] Man vergleiche Cohn: Beiträge zur Physiologie der Phycochromaceen und Florideen (Max Schultzes Archiv III. p. 53).

liegt sehr nahe — habe ich nicht ermitteln können, da diese gekrümmten Stäbchen bei längerer Cultur zu Grunde gingen.

Die grossen schwefelreichen Schrauben zeigen für gewöhnlich keine Spur von Gliederung. Cultivirt man sie indessen einige Tage in blossem Wasser auf dem Objectträger, so lässt sich eine deutliche Gliederung in Stäbchen, resp. Coccen constatiren (Taf. 5, Fig. 38*a*, *b*, *c*). Die Glieder erscheinen dabei meist sehr schwach aufgetrieben, also gegeneinander etwas eingeschnürt (Taf. 5, Fig. 38*c*) entfernt an Nostocschnüre erinnernd. Doch kann man bei der Zartheit der gallertigen Zellhaut diese Gliederung leicht übersehen. In jedem Glied liegen ein bis zwei Schwefelkörner. Auch durch Abtödtungsmittel lässt sich die Gliederung deutlich machen. Die Spiralen von *B. alba* liefern mithin einen neuen Beleg, dass Schrauben-Stäbchen- und Coccenformen in genetischem Zusammenhang stehen. Ein Mal habe ich auch Zoogloeen aus Schrauben von der Grösse der in Taf. 5, Fig. 38 abgebildeten gesehen. Auch diese Schrauben zeigten Gliederung.

III.

Beggiatoa roseo-persicina Zopf.

Auch diese Beggiatoenart stellt sich als eine in stagnirenden und fliessenden Gewässern häufige Erscheinung dar, wenn sie auch nicht ganz so gemein ist, wie *B. alba*. Sie gedeiht im süssen wie im salzigen und im Brakwasser. Faulende vegetabilische und thierische Theile werden von ihr mit rosenrothen, intensiv blutrothen oder selbst schön violetten bis violettbraunen Ueberzügen versehen, die häufig an die Wasseroberfläche getrieben werden. Um Berlin wurde sie von mir an den verschiedensten Localitäten beobachtet. In üppigster Entwickelung fand ich sie z. B. in einem Teiche des botanischen Gartens, den sie ganz roth färbte, alle darin enthaltenen Pflanzen (Ceratophyllum, Algen etc.) dicht belagernd; in Gräben, welchen den Thiergarten und den Charlottenburger Schlossgarten durchziehen; in Gräben und Tümpeln bei Schöneberg und in einem stinkenden Graben bei Charlottenburg. Wahrhaft prächtige Culturen erhielt ich, wenn ich Pankeschlamm mit Wasser übergossen monatelang aufbewahrte. Grosse Culturgefässe (wie man sie zu den Culturen grösserer Pflanzen in Nobbe'scher Nährlösung benutzt) waren ganz erfüllt von dem Spaltpilz, der überdies im Sommer an den Wänden dichte intensiv blutroth oder violett gefärbte Ueberzüge von grosser Ausdehnung bildete, die die Verwunderung der mich besuchenden Botaniker erregten.

In anderen Gegenden Deutschlands scheint sie nach den mir vorliegenden Angaben gleichfalls häufig und in üppiger Vegetation vorzukommen. So beobachteten sie Ehrenberg und Kützing in Thüringen, Cohn und Kirchner in Schlesien, Frank in Sachsen, ich selbst in Pommern.

Wahrscheinlich ist sie in ganz Europa zu finden. Denn nach Ray Lankaster [1] kommt sie in England vor, nach Warming [2] tritt sie an den Küsten Dänemarks häufig auf, nach Giard lebt sie in Frankreich (in Sümpfen um Lille), nach Ch. Morren [3] treten auch in Belgien Rothfärbungen des Wassers auf, welche wahrscheinlich von unserer Beggiatoa

[1] On a Peach-coloured Bacterium — *Bacterium rubescens*. Quarterly Journal of microscop. science. New series, vol. 13, 1873. p. 408. — Further Observations on a Peach or Red-coloured Bacterium. Ebenda vol. XVI. 1876.

[2] Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bacterier, in Vidensk. Medd. fra d. naturh. Forening i Kjöbenhavn 1875. (Franz Resumé).

[3] Recherches sur la rubéfaction des eaux. Nouv. mém. de l'acad. roy. de Bruxelles. Tom. XIV. 1841.

herrühren. Von Eichwald und Weisse [1] wurden gewisse Entwickelungszustände in Russland (um Petersburg) aufgefunden. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist auch die von Ehrenberg in der Kirgisensteppe bei Astrachan gefundene Form (*Monas erubescens*) hierher gehörig.

Lankaster, Cohn [2] und Warming haben eine Reihe der verschiedensten Formen dargestellt, welche nach meinen Beobachtungen zu vorliegender Art zu ziehen sind. Warming namentlich gab auch von zahlreichen Einzelformen vortreffliche Abbildungen.

Nach A. Giard's [3] Mittheilungen liegt die Wahrscheinlichkeit nahe, dass die Fischzucht durch die Pflanze beeinträchtigt werden kann. Wenigstens starben um Lille, zur Zeit, wo sich gewisse Zustände des Pilzes in besonderer Menge entwickelten, auch immer eine grössere Anzahl von Fischen.

1. Leptothrixform.

Ich verstehe auch hier unter dem Ausdruck „Leptothrix" alle Fadenzustände ohne Rücksicht auf ihren Durchmesser. Die an den faulenden Gegenständen festsitzenden vollständigen Fäden lassen, wie bei *Begg. alba*, einen deutlichen Gegensatz von Basis und Spitze erkennen. Von der genannten Art ist die *Beggiatoa roseo-persicina* im Grunde nur durch die rosenrothe bis violette Färbung zu unterscheiden, die nach der Basis der Fäden oft in dem Grade abnimmt, dass letztere fast oder ganz farblos erscheint. Wenn man ein solches farbloses Fragment vor sich hat, kann man natürlich gar nicht unterscheiden, ob *B. alba* oder die rothe Beggiatoa vorliegt. Auch in der Anordnung und der Menge der Schwefelkörnchen lässt sich keinerlei durchgreifende Verschiedenheit zwischen beiden Arten erkennen. Die Gliederung ist gewöhnlich undeutlich, und wie bei voriger Art, meistens nur an der Basis der Fäden zu erkennen. Doch weist häufig die Lagerung der Körnchen in Querzonen schon auf die mit Abtödtungs- und Färbungsmethoden leicht nachzuweisende Gliederung in Stäbchen hin. Die Langstäbchen gliedern sich in dünnen Fäden in Kurzstäbchen und Coccen, bei dickeren Fäden schliesslich in niedrige Cylinderscheiben, die sich durch Längswände in Coccen theilen. Bei den dickeren Fäden liegen die Coccen daher in zwei oder mehreren Reihen, bei den dünneren in nur einer. Man erhält dieselben Bilder wie für *B. alba*, und dieser Umstand macht eine nochmalige Illustration der erwähnten Verhältnisse überflüssig.

2. Zoogloeenbildung.

Die Coccen lockern sich bald in ihrem Verbande, indem sie ihre anfangs, der Entstehungsweise gemäss, schwach eckigen Zellen mehr und mehr runden und Zweitheilung eingehen. Dadurch wird der ursprünglich gleichmässige Faden unregelmässig. Schliesslich treten sie einzeln oder in kleinen Gruppen allmählich ausser Verband. Man kann die verschiedenen Phasen dieses Prozesses unter Umständen an ein- und demselben Faden verfolgen (Fig. 3*b*, 3*a*). Sehr bemerkenswerth ist der Umstand, dass die Coccen längere Zeit zum Faden verbunden bleiben und dabei fortgesetzt Zweitheilung eingehen können, wie man aus ihrer

---

[1] Monas Okenii. Bull. phys.-math. de St. Pétersbourg. III. 1845.

[2] Cohn Beitr. I, Heft III. Untersuchungen über Bacterien II.

[3] Etude sur une bactérie chromogéne des eaux de rouissage du lin in Revue des sc. nat. Tome V, 1877. Märzheft.

bisquitförmigen Gestalt ersieht. Auf diesem Wege kommen schmale fadenförmige Coccencolonien zu stande, die bei weitergehenden Theilungen breiter werden und unregelmässige Form annehmen. Vermehren sich die Coccen solcher Colonien an einzelnen Punkten rascher als an anderen, so erhalten die Zoogloeen Seitenzweige, die in der aller unregelmässigsten Weise auftreten und ihrerseits Aeste entsenden können (Fig. 8). Nicht selten erhalten solche Zweige am Ende Lappenform (Fig. 8). Die Zweige liegen bald sämmtlich in einer Ebene, bald gehen sie nach ganz verschiedenen Richtungen hin. Berühren die Zweige und Lappen einander, so können sie schliesslich verschmelzen und unregelmässige Netze formiren. Die Coccen können ferner rundliche maulbeerartige Klümpchen bilden (Fig. 23*a*, *b*; Fig. 24; Fig. 22, 25). Sie bestehen bald nur aus wenigen (Fig. 24, 23), bald aus vielen Zellen (Fig. 22); letztere liegen entweder nur locker aneinander (Fig. 23, 25), oder sie erscheinen dicht zusammengedrängt (Fig. 22*a*, *b*). Durch stärkere oder schwächere Vergallertung der peripherischen Zellen erhält die Colonie eine mehr oder minder dicke Gallerthülle (Fig. 22*a*, *b*). Die Coccencolonieen nehmen bisweilen Hohlkugelform an. Durch starke Vermehrung der Zellen in tangentialer Richtung vergrössern sich die Colonieen und zerreissen oft hierbei an einzelnen Stellen, Hohlnetze mit kleineren oder grösseren Maschen bildend (Fig. 13), die meist unregelmässig sind, zufällig aber auch einmal ganz regelmässige Formen zeigen können.

Die Zoogloeenformen, die ich hier beschreibe, sind durch die citirten Untersuchungen Ray Lankaster's, Cohn's, Giard's, Warming's genauer bekannt geworden, nachdem schon Kützing [1], der sie als *Microhaloa rosea* und *Protococcus roseus* beschrieb, und Rabenhorst [2], der sie *Pleurococcus roseo-persicinus* nannte, auf dieselben aufmerksam gemacht. Lankaster und Warming fassten sie ganz richtig als Spaltpilzformen auf, während Cohn sie zu den Algen rechnet und unter dem Namen *Clathrocystis roseo-persicina* ausführlich charakterisirt.

Schon die letztgenannten Forscher machten darauf aufmerksam, dass mit den Micrococcencolonieen gleichzeitig Macrococcen enthaltende Colonieen auftreten können (Fig. 9. 10. 11. 12. 14. 15. 16), welche der Grösse ihrer Zellen entsprechend eine grössere Anzahl von Schwefelkörnchen führen. Da sich alle Mittelstufen zwischen den grösseren und den kleineren Coccen auffinden lassen, so nehmen jene Beobachter, freilich ohne strenge Begründung, an, dass beide in genetischem Zusammenhang stehen. Ich selbst habe diese Annahme geprüft und richtig befunden auf Grund besonderer Culturversuche, die mit Gruppen kleinerer Coccen angestellt wurden in dem oben beschriebenen Culturapparat. So cultivirte ich z. B. die Coccengruppe *a* in Fig. 24 vom 15. bis 18. Mai. Die Gruppe *b* zeigt als Ergebniss Coccen, die etwas grösser sind, als die ursprünglichen. Ich züchtete ferner etwa eben so lange eine Gruppe von Zellen, die den kleinsten von Fig. 25*a* entsprachen und erhielt die Gruppe 25*a*. Wie man sieht, haben sich einige Zellchen ums zwei- bis dreifache vergrössert. An anderen Gruppen derselben Cultur erhielt ich ein ähnliches Resultat (vgl. Fig. 23*a* und *b*, die beide dasselbe Object darstellen). Somit bin ich berechtigt, die rothen Micro- und Macrococcen-Colonien als Entwickelungsglieder ein und derselben Pflanze aufzufassen, und lege auf dieses Resultat einen gewissen Ton. Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass die Macrococcencolonieen bald eine

---

[1] Linnaea Bd. VIII, p. 34 und Species Algarum p. 96.

[2] Flora Algarum europ. III. p. 28.

gemeinsame Gallerthülle entbehren (Fig. 14. 15. 16), bald dieselbe in schönster Ausbildung darbieten (Fig. 11. 12). Colonieen, wie die der Fig. 12, entstehen offenbar aus solchen, die etwa der Fig. 11 entsprechen, und zwar in der Weise, dass die Gallertmasse aufquillt, die einzelnen Coccen sich trennen und hierauf innerhalb der Gallerthülle sich durch fortgesetzte Zweitheilung zu je einer Specialcolonie entwickeln.. So wird auf einem ganz einfachen Wege eine Zoogloeenform erreicht, die einen von den anderen Zoogloeenzuständen habituell offenbar ganz verschiedenen Character zeigt.

Viel auffallender als die Differenz zwischen Fig. 12 und 11 ist schon die zwischen Fig. 12 u. 22*b* u. *a*. Und der Uneingeweihte muss selbstverständlich zweifeln, dass Formen wie Fig. 12 und Figg. 5. 4. 3*a*. 3*b* demselben Pilze angehören.

Ebenso sehr wie die Form der Colonieen wechselt die Farbe der Coccen-Zoogloeen. Es wurde bereits erwähnt, dass manche Fäden der *Beggiatoa roseo-persicina* am Grunde fast oder ganz farblos erscheinen. Es sei hinzugefügt, dass die Fäden bald röthlich, bald violett tingirt sind. Hiernach ist klar, dass die von demselben oder verschiedenen Fäden abstammenden Coccen verschiedene Färbungen aufweisen und manche selbst farblos erscheinen können. Bei der Cultur blassten überdies, wie ich direct beobachtete, die Colonieen häufig aus.

Man kann sich leicht an Clathrocystis-Material, das man sich aus dem Freien holt oder in den Culturen erzieht, überzeugen, dass in Gesellschaft der soeben characterisirten Coccen-Zoogloeen der Regel nach rothe Stäbchen-Zoogloeen auftreten, welche bezüglich ihrer Form von den Coccen-Zoogloeen in nichts verschieden sind, denn sie bilden wie diese bald unregelmässige Haufen, bald regelmässige Hohlkugeln (Fig. 26), Vollkugeln, bald Netze oder verzweigte Lappen. (Der Raum verbot mir, alle diese Formen, die eine halbe Tafel beansprucht hätten, zur Darstellung zu bringen.) Auch in der Färbung zeigen sie mit den Coccen-Colonieen Uebereinstimmung. Ausserdem beobachtete ich wiederholt, dass Coccen und Stäbchen in derselben Zoogloea vorkommen (Fig. 28, 33).

Diese Aehnlichkeitsverhältnisse im Verein mit dem gleichzeitigen Vorkommen mussten die Frage anregen, ob die Coccen jener Zoogloeen sich nicht vielleicht zu Stäbchen entwickeln könnten. Ich cultivirte Coccen-Zoogloeen zu diesem Zweck, aber nicht in der Nährflüssigkeit, in der sie sich entwickelt hatten, sondern in frischem Sumpfwasser und fand zu meinem Erstaunen, dass sich die Coccen in der That zu Stäbchen streckten. Die in Fig. 23*a* dargestellte Coccen-Colonie, am 14. Mai 1880 eingestellt, bildete, bis zum 22. Mai cultivirt, kurze Stäbchen, von denen einige ausschwärmten (Fig. 23*c*).

Die Stäbchen hatten dabei einen etwas grösseren Durchmesser, als die Coccen erlangt. Die Coccen waren in diesem Falle klein; aber auch grössere Coccen vermögen sich zu stäbchenartigen Formen zu strecken. Den allmähligen Uebergang zu solchen veranschaulichen die Fig. 15. 16. 17. 18. 19. 29. 33. Strecken sich solche kurze Stabformen mehr und mehr, so erhält man längere Stäbe (Fig. 21. 36. 37) oder, wenn man will, kurze Fäden. Von diesen zu den längeren Fäden der Beggiatoa ist offenbar nur ein Schritt.

Alle die Zoogloeenformen, die auf Taf. 5 dargestellt sind, kommen unter gewissen Verhältnissen in derselben Cultur vor. Unter anderen Ernährungsbedingungen jedoch herrscht bald die Coccenform, bald die Stäbchenform vor, ja die Culturen enthalten mitunter nur Stäbchen oder nur Coccen. Ferner liess sich beobachten, dass sich unter

gewissen Ernährungsverhältnissen nur die kleinen Stäbchenformen, unter anderen nur die grösseren bilden. Meine Untersuchungen über die genaueren chemischen Bedingungen für diese Vorkommnisse sollen später zur Publikation gelangen.

Es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, was wird aus den bezüglich ihrer Einschlüsse und ihrer Gallertbildung so verschiedenen Zoogloeen?

Wenn man das Nährmaterial, in welchem sich die Coccen oder Stäbchencolonieen befinden, stark mit Wasser verdünnt, so quillt die Gallert auf und die Zellchen werden frei. Man kann diesen Process in seinem allmählichen Verlauf unter dem Deckglas schön verfolgen. So quoll z. B. die Gallert einer mit Fig. 13 etwa gleich grossen Netzcolonie binnen 15 Minuten in dem Masse auf, dass sie etwa das Fünffache ihres Durchmessers erreichte. Ihre Coccen erhielten einen weiten gleichmässigen Abstand. Die Netzform blieb dabei noch im Wesentlichen gewahrt. Bei weiter vorschreitender Quellung aber war sie nicht mehr zu erkennen. Die Einschlüsse entfernten sich mehr und mehr von einander und zerstreuten sich schliesslich im Wasser, tanzende Bewegung zeigend. Mit dicker scharf contourirter Schleimhülle versehene Colonieen, mochten sie nun Coccen oder Stäbchen enthalten und die heterogenste Gestaltung zeigen, verhielten sich durchaus ebenso. Liegen die Einschlüsse in dichten Klumpen beisammen, so geht der Prozess von der Peripherie aus nach dem Centrum und verläuft etwas langsamer als bei den Flächen- oder Hohlkörper darstellenden Colonieen.

Wurden gleichzeitig viele Colonieen in den Tropfen eingebracht, so wimmelte es nach einiger Zeit in demselben von frei gewordenen Einschlüssen der verschiedensten Form und Grösse. Die Colonieen derselben Cultur verhielten sich immer in der gleichen Weise. Doch zeigten Colonieen aus gewissen Culturen diese Eigenschaft nur schwach oder auch gar nicht. Jedenfalls muss der Zeichner diesen Umstand in Betracht ziehen, d. h. die zu zeichnenden Colonieen nicht in Wasser bringen, sondern in einen Tropfen des Nährmediums, sonst zerfliesst ihm das Object unter den Augen. Ich habe diese Erfahrung machen müssen und wurde dadurch zu einer genaueren Beobachtung des Prozesses angeregt.

Es bleibt nun weiter die nicht unwichtige Thatsache zu constatiren, dass solche frei gewordenen Einschlüsse in den Schwärmzustand überzugehen vermögen. Hier ein Beispiel. Im Herbst 1879 sammelte ich in einem Teiche bei Berlin prächtig violette Massen des Pilzes, die in grossen an der Oberfläche schwimmenden Vaucheria-Watten ausgedehnte (spannengrosse) Nester bildeten. Sie bestanden aus Macro- und Micrococcen, sowie aus Stäbchen enthaltendem reinen Zoogloeenmaterial. Diese Aufsammlung cultivirte ich mit Vaucherien zusammen in einer verschlossenen Flasche etwa ein halbes Jahr. Als ich die während dieser Zeit braunviolett gewordenen Massen untersuchte, zeigte sich, dass alle Zellchen im Schwärmzustande begriffen waren, sowohl Coccen, als Stäbchen. Auch hier war offenbar das Zerfallen und Ausschwärmen der Zoogloeen die Folge einer wesentlichen Veränderung des Substrats.

Diese Schwärmer sind theils völlig isolirt, theils zu kleinen, unregelmässigen oder regelmässig kugeligen Haufen lose vereinigt, welche letzteren volvoxartig im Wasser hinrollen, wie bereits Cohn (l. c.) beobachtete.

Den früheren Beobachtern, Lankaster vielleicht ausgenommen, war die Thatsache, dass die Einschlüsse der Zoogloeen, mögen sie nun der Stäbchen- oder Coccenform ange-

hören, durch Quellung der Gallert frei und schwärmfähig werden können, nicht bekannt. Sie sahen daher die freien Zellen als fremde, nicht zu den Zoogloeen in genetischer Beziehung stehende Spaltpilze an und machten neue Arten daraus, die wir bei Cohn und Warming (l. c.) beschrieben finden.

Lankaster dagegen sieht in jenen Formen mit Recht nur Entwickelungszustände. Für einige Formen vermuthete übrigens auch Warming ganz richtig den genetischen Zusammenhang. Er hat dieselben mit allen nur möglichen Uebergängen als *Bacterium sulfuratum* in sorgfältig gezeichneten Bildern zur Anschauung gebracht.[1]

Die in den Zoogloeen eingeschlossenen Stäbchen krümmen sich häufig bald schwächer (Fig. 17. 36) bald stärker (Fig. 32). Frei geworden schwärmen sie in spiraligen Bahnen. Warming hat solche Formen zum Theil als Spirillum violaceum und Bacterium sulfuratum beschrieben. Ueber die grösseren Spiralformen der *Beggiatoa roseo-persicina* sind meine Untersuchungen noch nicht zum Abschluss gelangt. Doch will ich schon hier hervorheben, dass sie gleichfalls Gliederung in Stäbchen und Coccen zeigen und zum Theil als *Ophidomonas sanguinea* Ehrbg. beschrieben sind.

---

[1] l. c. Taf. VIII, Fig. 4. 5. 6.

IV.

Crenothrix Kühniana Rabenhorst.[1]

(= Cr. polyspora Cohn).

In meiner Schrift: „Entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen über Crenothrix polyspora“ habe ich gezeigt, dass dieses Spaltpilzgewächs durch höchst auffallende Verunreinigung des Leitungswassers zu einer Calamität führte, die Berlins Industrie in den letzten Jahren schwer empfunden hat. Mittheilungen, die mir von auswärts zugegangen sind, zeigen nun, dass der Pilz auch anderwärts eine Rolle als Verunreiniger der Leitungswässer spielt. So benachrichtigte mich Hr. Prof. Cienkowski, dass er in den russischen Wasserwerken häufig zu finden ist, wenn auch nicht in solchen Massen wie die Cladothrix dichotoma; und Hr. Prof. Giard (an der medicinischen Faculté in Lille) liess mir kürzlich eine Nachricht zugehen, nach der die Pflanze auch in Frankreich eine üble Rolle spielt. In Lille tritt augenblicklich die Verunreinigung in dem Grade auf, dass sie die Bevölkerung geradezu erschreckt („qui effraie la population“). (Auch die Magdeburger Leitung ist durch Crenothrix stark verunreinigt.) Nach diesen Angaben zu schliessen hat die Crenothrix offenbar einen weiten Verbreitungskreis in Europa, und ich zweifele nicht, dass man sie auch in anderen Erdtheilen finden wird.

Seit Publikation der obengenannten Schrift habe ich fort und fort um Berlin nach der Pflanze gesucht und sie gefunden in fast allen kleineren stehenden Gewässern, Teichen, Tümpeln, Gräben, namentlich solchen, die faulende Substanzen enthielten. In fliessenden Schmutzgewässern, wie die berüchtigte Panke in Berlin, der Spandauer Schiffahrtskanal, der die übelriechenden Schlammmassen dieses Flüsschens aufnimmt, der „schwarze Graben“ bei Charlottenburg etc. war ihre Entwickelung stellenweis sehr reichlich. Auch in Pommern wurde die Pflanze in Gräben und Tümpeln von mir beobachtet. (An allen diesen Localitäten erscheint sie stets in Begleitung von Beggiatoa alba und Cladothrix dichotoma). Ich glaube demnach berechtigt zu sein, die Crenothrix Kühniana als einen ziemlich gemeinen, weit verbreiteten Wasser-Spaltpilz anzusehen. Doch darf man sagen, dass er draussen in der Natur im Allgemeinen in minder grosser Massenhaftigkeit zu finden ist, als die eben genannten Wasserbewohner.

Was die Morphologie der Crenothrix anbetrifft, so wurde dieselbe in obiger Schrift dargelegt, und auf drei Tafeln der Entwickelungsgang veranschaulicht. Er umfasst drei

---

[1] Zopf, Entwickelungsgeschichte der Crenothrix polyspora. Berlin, bei Springer.

Formen: Coccen-,[1] Stäbchen- und Fadenform. Den genetischen Zusammenhang wies ich auf zwiefachem Wege nach, einmal durch Cultur freier Coccen, das andere Mal dadurch, dass ich für noch in der Scheide des Fadens liegende Coccen das Auswachsen zu Stäbchen, resp. Fäden constatirte.

Im Laufe der folgenden Jahre konnte ich den Ergebnissen noch einige neue hinzufügen.

Es möge zunächst die Thatsache Erwähnung finden, dass Crenothrix Schwärmer bilden kann. Ich habe früher nachgewiesen, dass die Micrococcen dieser Pflanze, die im Vergleich zu Cladothrix einen relativ bedeutenden Durchmesser besitzen, durch Grösse und Form ausgezeichnete Zoogloea-Colonieen aufweisen. Nach der an den Cladothrix-Zoogloeen und an den Beggiatoen-Zoogloeen gemachten Erfahrung, dass die Einschlüsse der Zoogloea unter gewissen Verhältnissen in den Schwärmzustand überzugehen vermögen, lag die Vermuthung nahe, es möchten auch die Micrococcen der Crenothrix-Zoogloea ein Schwärmstadium besitzen. Indessen ergab die in gewissen Zeiträumen wiederholte Musterung der Colonieen meiner Culturen lange Zeit keinen Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme: die Micrococcen waren immer nur im Ruhezustande in den Zoogloeamassen anzutreffen. Erst im Januar vergangenen Jahres sah ich an einem Tage, an Material, das in Schlammaufgüssen erzogen war, dass die Zellchen im Innern der Gallertmasse beweglich wurden und schliesslich aus derselben ausschwärmten. In den folgenden Wochen wurde dieses Ausschwärmen noch an fast allen untersuchten Colonieen beobachtet.

Es scheint demnach der Eintritt der Schwärmzeit an ganz besondere, nicht häufig auftretende Bedingungen geknüpft zu sein; welcher Natur dieselben sein mögen, konnte nicht ermittelt werden.

Nicht bloss die einfachen, nahezu kugeligen, sondern auch die bereits zu ganz kurzen stäbchenförmigen, in der Mitte bereits getheilten oder ungetheilten Zellchen schwärmten. Zuerst ist die Bewegung ein lebhaftes Zittern, dann ein unruhiges Hin- und Herfahren, oder eine blitzschnelle Drehung, wobei die schon etwas gestreckten Formen mit ihren Polen eine Kreislinie beschreiben. Plötzlich schnellen dann die Körperchen eine Strecke weit fort, kehren aber gewöhnlich auf demselben Wege wieder an dieselbe Stelle zurück. So lange die Gallert der Zoogloemasse nicht bereits in einem Stadium sehr starker Verflüssigung sich befindet, erfolgen alle diese Bewegungen nur auf kurze Strecken innerhalb der Gallertmasse. Ein eigentliches Ausschwärmen erfolgt nur bei Colonieen, wo jenes Stadium bereits erreicht wurde. Es gelangen übrigens, wie bei Cladothrix, nicht alle Micrococcen zum Ausschwärmen. Auf optischem Wege liessen sich Geisseln zwar nicht in ihrer Form, aber doch in ihrer Gegenwart nachweisen, nicht bloss durch den Strudel, den die mehr stäbchenartig gestreckten Zellchen an beiden Polen zeigen, sondern auch durch die Beobachtung, dass wenn beim Hin- und Herjagen zwei Individuen gegen einander gestossen sind, sie oft vergebliche Anstrengungen machen sich durch Ziehen nach entgegengesetzter Richtung wieder von einander zu trennen. Es ist dieses Verhalten nur durch die Annahme erklärbar, dass Geisseln vorhanden sind und dass diese, wie es z. B. bei Algenschwärmern oder bei grösseren und kleineren Spirillen bekanntlich häufig der Fall ist, sich verwickeln. Durch Färben mit Campecheholzextract waren die Geisseln gleichfalls nicht sichtbar zu machen.

---

[1] Ich nannte dieselben daselbst „Gonidien".

Im Juli dieses Jahres habe ich die Schwärmer in schönen Culturen mit Pankeschlamm in bedeutenden Mengen erhalten. Sie setzen sich, zur Ruhe kommend, zu grossen lockeren Haufen zusammen, die durch Vergallertung wieder Zoogloeen bilden können. Meine Bemühungen auch Stäbchenschwärmer aufzufinden, waren stets von negativem Erfolg.

Es möge hier nebenbei noch bemerkt werden, dass das, was Warming in seiner Abhandlung über die Bacterien der dänischen Küsten als *Bacterium griseum* beschreibt und abbildet [1], in allen angegebenen Characteren vollständig übereinstimmt mit den Crenothrix-Micrococcen.

Durch eine zweite Beobachtung wurde festgestellt, dass die Crenothrixfäden Schraubengestalt annehmen können. Die Schrauben sind bald starr, bald flexil mit meist ausgezogenen Windungen versehen, regelmässig, oft scheinbar ohne jede Gliederung, meistens deutlich in Stäbchen und schliesslich in Micrococcen gegliedert. Aller Aufwand von Mühe zum Nachweis einer etwaigen Schwärmfähigkeit dieser Formen war vergeblich. (Doch will ich mit dieser Bemerkung dieselbe nicht in Abrede stellen.) Dagegen habe ich wiederholt gesehen, dass die Hälften flexiler Schraubenfäden sich spiralenartig umeinander schlingen, um sich an einander auf- und abzuschrauben.

Die Angaben Cohn's, dass stark aufgeschwollene Stäbchen der Crenothrix als Sporen anzusprechen seien, habe ich nochmals geprüft, und halte es nunmehr für ganz sicher, dass solche Zustände den ähnlich geformten abnormen Zuständen äquivalent sind, welche man in besonders schöner Ausbildung und grösster Massenhaftigkeit beim Essigpilze (Mycoderma aceti) [2] antrifft, aber auch bei anderen Spaltpilzen (Bacterium cyanogenum nach Neelsen [3] Cladothrix dichotoma nach Cienkowski's [4] und meinen eigenen Erfahrungen) bald seltener, bald häufiger beobachten kann.

---

[1] p. 29 des franz. Resumé und Taf. 8, Fig. 9.

[2] Vgl. Hansen: Contributions à la connaissance des organismes qui peuvent se trouver dans la bière. Meddelser fra Carlsberg Laboratoriet 1879. Heft II.

[3] Studien über die blaue Milch, in Beitr. zur Biologie III. [4] l. c.

V.

Weitere Belege für den genetischen Zusammenhang von Schrauben-, Stäbchen- und Micrococcenartigen Formen.

1.

In jeder der zahlreichen Cladothrixculturen wurden bald mehr bald minder massenhaft Zoogloeen einer Schraubenform angetroffen, welche eine sehr characteristische Gestalt annehmen. Sie gleichen nämlich einem Nostoc en miniature und stimmen mit denjenigen Bildungen überein, für welche von Cohn ein besonderes Genus, das Genus *Myconostoc*, creirt wurde. Diese Zoogloeen werden von Schrauben gebildet, welche in Folge der geringen Fadendicke und der geringen Weite ihrer Windungen mehr der Spirochaeten- als der Spirillenform sich nähern, und ihre Membran stark vergallerten.

Jede Zoogloea enthält gewöhnlich nur eine Schraube, namentlich, wenn sie geringe Dimensionen zeigt (Taf. 3, Fig. 22). Grössere enthalten zwei bis mehr Schrauben. Ob diese ausschliesslich durch Theilung aus ein und derselben Mutterschraube entstanden oder durch zufällige Aneinanderlagerung von Schrauben verschiedenen Ursprungs lässt sich bei der Zartheit der Objecte nicht mit Sicherheit feststellen. Doch dürfte das Erstere wahrscheinlich sein, wenigstens lässt sich durch mehrtägige Beobachtung desselben Zoogloea-Exemplars feststellen, dass die Schraube sich in Tochterschrauben theilt.

Es schien mir von Wichtigkeit, die bisher unbekannte weitere Entwickelung dieser vergallerteten Schraubenform zu verfolgen, um einen eventuellen genetischen Zusammenhang mit Cladothrix feststellen zu können.

Ich betrat wiederum den Weg continuirlicher Beobachtung und stellte zunächst fest, dass die anfangs ganz einfachen, d. h. nicht gegliederten Schrauben in Bacillusartige Stäbchen zerfielen (Fig. 26, 27); diese Stäbchen waren anfangs stark, später schwach gekrümmt bis fast gerade und gingen sodann in kürzere über (Fig. 24), die schliesslich Micrococcenartig waren (Fig. 28). Die Gallert quoll oft schon zur Zeit der Stäbchenbildung mehr und mehr, sodass diese oft auseinander rückten, und die ursprünglich noch spiralige Anordnung derselben verwischt wurde. Späterhin waren die Stäbchen oft verschwunden, offenbar ausgeschwärmt.

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich aufs Neue, dass typische Spirillen (resp. Spirochaeten), die den Zoogloeenzustand eingegangen sind, genau dieselbe regressive Entwickelung zur Micrococcenbildung hin zeigen, wie die Schraubenformen der Cladothrix.

Ich muss hier noch bemerken, dass die Stäbchenbildung an allen Individuen der Zoogloeenspirillen einer Cultur gleichzeitig erfolgt und dass dasselbe der Fall ist mit der Micrococcenbildung. Diese Thatsachen hängen offenbar zusammen mit der Veränderung des Nährmediums, die alle Zoogloeen derselben Cultur in gleicher Weise beeinflussen muss. Bemerkenswerth ist ferner, dass nach der Umwandlung der Zoogloeenspirillen in Micrococcen eine Erzeugung der ersteren niemals wieder (in derselben Cultur) statt hat, und hieraus folgt jedenfalls, dass dieser Entwickelungszustand an ganz bestimmte Ernährungsverhältnisse geknüpft ist. Wenn die Myconostoc-Zoogloeen sich in Menge zusammenhäufen und mit einer verkleben entstehen zusammengesetzte Zoogloeen, die man als kleine Klümpchen schon mit blossem Auge gewahrt.

Das Cohn'sche Genus *Myconostoc* ist offenbar nur der Spirillenzustand eines Spaltpilzes. Welcher Spaltpilz dies sei, konnte ich nicht feststellen. Die Thatsachen, dass die Form sich stets in Cladothrix-Culturen findet, dass ferner die rückwärts schreitende Entwickelung der Myconostoc-Spirillen ganz dieselbe ist, wie bei den Spirillen dieser Pflanze und endlich, dass die Tochterschrauben dünner und eng gewundener Cladothrix-Mutterschrauben in Form und Dimensionen von den Spirillen der vorstehenden Zoogloeaform nicht unterscheidbar sind, giebt noch keine Berechtigung für die allerdings sehr nahe liegende Annahme, dass die gedrehten Spirillenzoogloea ein Entwickelungszustand von Cladothrix sei.

Jedenfalls liefern die beigebrachten Beobachtungen einen weiteren Beitrag zu der Frage: Was wird aus Spirillen?

2.

In einem Pankeschlamm-Infus fanden sich massenhaft Spirochaeten. Sie wurden unter Deckglas cultivirt und lagerten sich hier in der Nähe des Deckglasrandes in einer breiten Zone, ihre Schwärmbewegung beibehaltend und keine Spur von Gliederung zeigend. Das Deckglas wurde nun soweit verschoben, dass die Schrauben in die Mitte des Tropfens gelangten, also von der atmosphärischen Luft mehr abgeschlossen waren. Schon nach einer halben Stunde waren sie sämmtlich zur Ruhe gekommen und zeigten jetzt, ohne Anwendung von Reagentien, die schönste Gliederung in gestreckte oder in ganz kurze, Micrococcenartige Stäbchen. Die Schrauben hatten sich dabei etwas gestreckt.

Es zeigte sich also auch hier, dass Spirochaetenformen, Langstäbchenformen und Micrococcusartige Kurzstäbchenformen in genetischem Connex stehen, mit anderen Worten, dass Spirochaetenformen durchaus nicht wie Cohn und Koch glauben, einzellig sind.

Uebrigens sei hier hervorgehoben, dass auch die Spirochaeten des Zahnschleims sich in Stäbchen und schliesslich in Coccen gliedern, wie Dr. Miller in Gemeinschaft mit mir feststellte. Wir werden die Begründung dieser Thatsache an einem anderen Orte geben.

Die Spirochaete des Rückfallstyphus wird sich, wie ich nach jenen Ergebnissen bestimmt vermuthen darf, ganz genau ebenso verhalten.

Rückblick.

Die von mir untersuchten Spaltpilze: *Cladothrix dichotoma*, *Beggiatoa alba*, *B. roseo-persicina* und *Crenothrix Kühniana* bieten eine im Vergleich zu anderen Spaltpilzen höchst bemerkenswerthe Mannichfaltigkeit der Entwickelungsformen dar.

Der progressive Entwickelungsgang führt, von der Micrococcusform ausgehend zur Kurzstäbchen- (Bacterium-) Form und Langstäbchen- (Bacillus-) Form. Bleiben letztere im Verbande, so entsteht die einfache Fadenform (Leptothrix), aus der bei einem der untersuchten Repräsentanten durch Pseudoverzweigung die Cladothrixform hervorgeht.

Beim regressiven Entwickelungsgang werden die freien oder zu Fäden verbundenen Langstäbchen zu Kurzstäbchen und diese zu Micrococcen.

Die untersuchten Spaltpilze bilden sämmtlich Zoogloeen. Ihre Einschlüsse machen den eben charakterisirten pro- und regressiven Entwickelungsgang durch.

Stäbchen- und Fadenzustände von Cladothrix, Beggiatoa und Crenothrix zeigen, auch in der Zoogloea die Tendenz zu mehr oder minder auffälliger, mehr oder minder regelmässiger Krümmung, durch welche die sogenannten Schraubenformen (Vibrioform, Spirillumform, Spirochaeteform, Ophidomonasform etc.) entstehen.

Die Fadenformen, sowohl die geraden, als die gekrümmten, lassen ferner unter gewissen Bedingungen eine Tendenz zur Fragmentbildung erkennen.

Jede Entwickelungsform kann unter gewissen Verhältnissen Schwärmfähigkeit gewinnen. Eine Ausnahme machen die langfädigen Zustände, mögen sie der geraden oder schraubigen Form angehören. (Bei Crenothrix Kühniana habe ich übrigens nur Coccenschwärmer beobachtet. Mit dieser Bemerkung soll indessen keineswegs die Möglichkeit geleugnet werden, dass auch andere Zustände dieser Pflanze zu Schwärmern werden können).

Das Auftreten der verschiedenen Entwickelungsformen steht in offenbarer Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Substrats.[1] Ich habe an ver-

[1] In der Thatsache, dass die Spaltpilze unter verschiedenen Ernährungsbedingungen verschiedene Entwickelungsformen erzeugen können, liegt keineswegs eine auffallende Besonderheit. Bei gewissen höheren Pilzen tritt die Variationsfähigkeit nach dem Substrat gleichfalls zu Tage, am ausgesprochensten

schiedenen Stellen dieser Abhandlung bereits darauf hingewiesen. Genauere Ermittelungen der Entstehungsbedingungen für jede Entwickelungsform der hier behandelten Spaltpilze beschäftigen mich gegenwärtig.

Crenothrix, *Beggiatoa* und *Cladothrix* nehmen im Vergleich zu den übrigen Spaltpilzen eine hohe Stufe der Organisation ein, die sich namentlich darin ausspricht, dass ihre Fäden einen Gegensatz von Basis und Spitze zeigen und ferner darin, dass sie eine gewisse Mannichfaltigkeit der Entwickelungsformen aufweisen. *Cladothrix* darf im Hinblick auf die hier sich findende unächte Verzweigung als der höchstentwickelte Spaltpilz betrachtet werden. Sie verhält sich zu *Beggiatoa* wie *Tolypothrix* zu *Oscillaria*. *Crenothrix* ist von *Beggiatoa* wesentlich verschieden durch die Scheidenbildung. *Crenothrix* verhält sich also zu *Beggiatoa* wie *Chamaesiphon* zu *Oscillaria*.

Die Spaltalgen-Gattungen *Tolypothrix*, *Chamaesiphon* und *Oscillaria* in eine einzige Gattung zu vereinigen wird wohl keinem Kenner dieser Gruppen einfallen. Ebensowenig aber dürfen *Cladothrix*, *Beggiatoa* und *Crenothrix* eine generische Vereinigung erfahren. Von einer Vereinigung zu einer einzigen Species kann vollends keine Rede sein. Billroth's und Lankaster's Hypothese, nach der alle Spaltpilze ein einziges Genus oder gar eine einzige Art darstellen, halte ich demnach für nicht annehmbar.

---

wohl bei einem der Russthaupilze (Fumago salicina), der, wie ich in einer früheren Abhandlung (Die Pycnidenfrüchte von Fumago, Nova acta, Bd. 39. 1878) darlegte, an Mannichfaltigkeit der Entwickelungsformen alle bisher auf diesen Punkt untersuchten ächten Pilze weit hinter sich lässt.

II. Zur Morphologie der Spaltalgen.

Die Morphologie, Physiologie und Systematik der Spaltalgen, sowohl der fädigen (Nostochineen i. w. S.), als der nichtfädigen (Chroococcaceen NÄGELI), hat bekanntermassen durch die Untersuchungen KÜTZING's, NÄGELI's, THURET's, BORNET's, DE BARY's, COHN's, JANCZEWSKI's, BORZI's und Anderer im Laufe der Jahrzehnte eine so weitgehende Ausbildung erfahren, dass man heutzutage wohl allgemein die Ansicht hegt, die Erforschung dieser grossen Gruppe sei in den wesentlichen Punkten zum Abschluss gelangt, und eine neue, von dem hergebrachtem Schema abweichende Idee auf diesem Gebiete kaum noch zu erwarten.

Während meiner Untersuchungen über Spaltpilze jedoch boten sich mir infolge glücklichen Zufalls verschiedene Schizophyceen dar, welche bezüglich der Structur und des Aufbaues ihrer Fäden eine so grosse Conformität mit *Cladothrix*, *Beggiatoen*, *Crenothrix* und anderen Spaltpilzen offenbarten, dass sofort eine Anregung zu der Frage gegeben war, ob denn jene Spaltalgen nicht vielleicht andere, als die bisher allein bekannten fädigen Zustände einzugehen die Fähigkeit besässen.

Die Aussichten auf eine positive Beantwortung dieser wichtigen Frage waren gering; denn Forscher, wie die oben genannten, die sich so eingehend mit fädigen Schizophyceen beschäftigten, haben stets nur Fadenformen gesehen und niemals beobachtet, dass eine Oscillariee, eine Scytonemee, eine Sirosiphonee etc. Micrococcen- oder Stäbchenformen u. s. w. in Zoogloeenform gebildet hätte und umgekehrt.

Andererseits freilich trat, soweit mir bekannt, noch Niemand mit jener Fragestellung an die Entwickelungsgeschichte der fädigen Schizophyceen heran, und gerade in dieser Einsicht musste ein Sporn liegen, wenigstens den Versuch zur Lösung jener Frage zu wagen.

Einen specielleren Gesichtspunkt für diesen Versuch erhielt ich noch durch die Beobachtung, dass mit gewissen fädigen Spaltalgen zusammen, häufig oder gar regelmässig, kugelige oder stäbchenförmige Zellchen vorkommen, welche einerseits den in dem Fadenverband jener Algen gebildeten Zellen in Grösse, Färbung und sonstiger Beschaffenheit im Wesentlichen entsprechen, andererseits mit gewissen Chroococcaceenformen so vollständige Uebereinstimmung zeigen, dass an ihrer Identität mit letzteren kein Zweifel herrschen konnte.

So wurde denn die Fragestellung folgendermassen präcisirt:

Sind die fädigen Schizophyceen im Stande, Chroococcaceenartige Entwickelungsstadien einzugehen?

Infolge der im Laufe von anderthalb Jahren vorgenommenen Untersuchungen konnte diese Frage im positiven Sinne beantwortet werden.[1]

Was die Methode der Untersuchung betrifft, so waren für zwei der untersuchten Algen (Gliophyton flavovirens und das aerophyte *Phragmonema sordidum*) besondere Culturbedingungen nicht erforderlich, da sich die Chroococcaceenbildung fast jederzeit direct an den Fäden nachweisen lässt, ähnlich wie bei Beggiatoa oder Crenothrix. Für andere Objecte dagegen wurden hinsichtlich der Culturen besondere Wege eingeschlagen, die ich in Kürze darlegen will.

Zunächst wurde auf Reingewinnung des Materials Bedacht genommen. Sie macht bei Weitem nicht die Schwierigkeiten, wie bei den Spaltpilzen. Wie Jedermann weiss, kriechen die Fäden der Schizophyceen gern nach der Lichtseite zu an der Wandung der Culturgefässe hin und noch etwas über das Niveau des Wasser hinauf, um sich an diesen Stellen in Büscheln oder Häuten anzusammeln. Solche Ansammlungen enthalten, wie gleichfalls allbekannt, fast stets absolut reines Material. Material solcher Art wurde nun zu besonderen Culturen verwandt, die ich mit ausgekochtem gewöhnlichen Wasser oder mit ausgekochtem Sumpfwasser anstellte. Ausserdem kamen besondere Nährlösungen zur Verwendung, theils die bekannte Nobbe'sche, theils andere, die mir ein Chemiker darstellte[2]) und in der einige der cultivirten Arten vorzüglich gediehen. Endlich brachte ich verschiedene Male reines Material auf ausgekochte poröse Thonplatten, die in grosse Glasgefässe und zwar in mit gewöhnlichem oder mit Sumpfwasser angefeuchteten und ausgekochten Sand gestellt wurden.

Ausserdem verwandte ich gewisse Pflanzen als Fangpflanzen und leere Gehäuse niederer Thiere als Fallen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass fädige Schizophyceen sich gern in abgestorbene Zellen von Wasserpflanzen, besonders der Lemnen, Utricularien etc., einnisten; es ist ferner bekannt, dass sie auch in Gehäuse von Protozoen (Arcellen, Difflugien), sowie von kleinen Krebsen (Cyprisarten) einwandern und sich daselbst spiralig einrollen. In den Zellen und Gehäusen spielt sich dann die Entwickelung der Fäden ab und man erhält die Chroococcaceenformen. — Als ein gleich günstiges Fangmittel erwiesen sich nach mehrfacher Erfahrung endlich auch die Gallertcolonieen von Rivularien und Gloeotrichien. Hier lagern sich die eingedrungenen Fäden parallel zwischen die Fäden der Wirthscolonie in Bündelform.

1. Glaucothrix gracillima.

(Taf. VI. Fig. 1—16.)

Bei Züchtung in Nährlösungen bildete die Alge kleine, 1—3 mm hohe am Boden der Culturgefässe festsitzende Räschen von spangrüner Färbung, an den Seitenwandungen

[1] Die wichtigsten Resultate wurden bereits in Kürze im Botanischen Centralblatt. Bd. IX, 1882. No. 2 veröffentlicht.

[2] Herr Dr. Hornung, dem ich hierdurch bestens danke.

gleichgefärbte Häute von ein Centimeter Breite und darüber. Im Freien kömmt sie in stehenden Gewässern gar nicht selten vor; auch in den feuchten Fensterritzen der Gewächshäuser (z. B. im Berliner Botan. Garten) vegetirt sie und wurde hier immer in Form eines schleimigen Ueberzuges angetroffen. Blätter von *Ficus barbata* im hiesigen Orchideenhaus werden oft in ihrer ganzen Ausdehnung von einer continuirlichen Glaucothrix-Haut überzogen.

Die Fäden der *Glaucothrix gracillima* sind von spaltpilzartiger Feinheit und erinnern in dieser Beziehung speciell an *Cladothrix dichotoma.* Bei einer Länge von ein bis mehreren Millimetern beträgt ihr Durchmesser nur 2—4 Micrometer. Im Jugendzustande von leptothrixartigem Character (Fig. 1) lassen sie in späteren Entwickelungsstadien spärliche Pseudo-Verzweigungen erkennen (Fig. 3). Ihre Structur wechselt mit den verschiedenen Alterszuständen: Zuerst erscheinen die Fäden in Stäbchen gegliedert, deren Längsdurchmesser den Querdurchmesser ums Doppelte bis Dreifache übertrifft (Fig. 1. 4*a*. 5*a*). Später gehen diese Langstäbchen durch Zweitheilung in Kurzstäbchen (Fig. 4*b*. 5*b*) über, aus welchen letzteren infolge nochmaliger Theilung etwa isodiametrische, Micrococcenartige Theilstücke entstehen (Fig. 2. 3. 5*c*). Die Bildung solcher Micrococcen geht häufig in basipetaler Folge vor sich, kann aber auch den ganzen Stäbchenbestand eines Fadens gleichzeitig ergreifen, während sie in noch anderen Fällen an einer intercalaren Fadenstelle auftritt, um von hier aus in acro- oder basipetaler Richtung vorzuschreiten. In allen diesen Punkten stimmt *Glaucothrix gracillima* mit *Cladothrix dichotoma* vollkommen überein. Auch darin herrscht kein Unterschied zwischen beiden, dass eine Differenzirung in theilungsfähig bleibende Zellen und in steril werdende, Heterocysten-artige unterbleibt. Früher oder später umhüllen sich die Fäden mit einer zarten Gallertscheide, welche dann besonders deutlich wird, wenn die Fadenglieder auseinander rücken (Fig. 4. 5).

Bezüglich des Verzweigungsmodus erinnert die Pflanze bald mehr an *Tolypothrix*, bald mehr an *Scytonema.* Die Exemplare sind stets nur spärlich verzweigt, auch alte Pflanzen meistens scheinbar einfach, da sich die Pseudozweige in der Regel leicht ablösen.

An meinem prächtigen Culturmaterial, das ich in Nährlösungen erzog, wurde häufig die Beobachtung gemacht, dass die Hauptfäden sowohl, als die Pseudozweige Spiralform annehmen (Fig. 13. 15. 16). Hin und wieder zeigten diese Spiralen auffällige Flexilität, die darin sich äusserte, dass sich der eine Theil Haarflechten-artig um den anderen flocht (Fig. 13) und sich langsam an ihm auf- und abschraubte. Solche Formen wurden zuerst von Link beobachtet, mehrere auch von Cohn[1] beschrieben und für sie eine besondere Gattung, „*Spirulina*" creirt, die die genannten Forscher den *Oscillarieen* zuweisen. Da diese Formen nach meinen speciellen Untersuchungen nicht bloss bei vielen, vielleicht allen *Oscillarieen*, sondern auch bei einer ganzen Reihe von *Scytonemeen*, sowohl den feinfädigen, wie *Glaucothrix*, als den dickfädigen, wie gewissen Scytonema-Arten vorkommen und überall nur den Werth von Entwickelungszuständen beanspruchen können, so darf man der genannten Gattung in Zukunft nur noch den Werth eines Formgenus beimessen.

Ich habe bereits in der voraufgehenden Abhandlung für *Cladothrix dichotoma*, *Beggiatoa alba* und *Crenothrix Kühniana* constatirt, dass den langfädigen Formen dieser

[1] Zur Entwickelungsgeschichte mikroskopischer Algen und Pilze. Nova Acta 1853.

höheren Spaltpilze gleichfalls spirulinenartig-flexile Zustände entsprechen.[1] Es herrscht also auch in Bezug auf Spirulinenbildung zwischen den höheren Spaltpilzen einerseits und den fädigen Schizophyceen *(Oscillarieen, Scytonemeen)* andererseits eine gewisse Uebereinstimmung.

Bei der Flexilität der Fäden von *Glaucothrix* kömmt es übrigens häufig vor, dass zwei oder mehr mit einander in Berührung kommende Fäden sich spiralig um einander winden und auf diesem Wege kleine Bündel bilden. Nicht minder häufig wie die spirulinenartig flexilen Schrauben treten starre Schrauben auf, deren Umgänge ebenso zahlreich als regelmässig sein können. Durchmesser und Höhe der Umgänge, bei derselben Schraube meist constant, erscheinen bei verschiedenen Schrauben verschieden.

Auch in dieser Fadenform prägt sich eine gewisse Aehnlichkeit mit den höheren Spaltpilzen aus, was hier gleichfalls betont zu werden verdient.

Es lag nach meinen Beobachtungen an *Cladothrix dichotoma* nahe zu ermitteln, ob nicht etwa Theile der Glaucothrix-Schrauben sich ablösen und in den Schwärmzustand übergehen könnten. Allein meine vielfachen Bemühungen waren bisher von eben so negativem Erfolg, wie bei *Crenothrix*. Ich habe niemals in den Culturen der *Glaucothrix* oder anderer, Schraubenfäden bildenden Schizophyceen, deren ich mehrere untersuchte, grüne Schraubenschwärmer entdecken können und möchte fast annehmen, dass solche Bildungen bei den Schizophyceen überhaupt nicht auftreten oder doch nur sehr selten.

Wie an den gewöhnlichen, geraden Fäden findet auch in und an den Glaucothrix-Schrauben Stäbchen-, Micrococcen- und Scheidenbildung statt.

Sobald sich die Scheiden der nicht spiraligen und spiraligen Fäden öffnen, treten die Fadenglieder aus und sammeln sich, wie die directe Beobachtung zeigt, vor der Mündung zu lockeren Ballen (Fig. 6. 7. 8) an, ein Moment das besondere Beachtung verdient.

Das Sichöffnen der Scheiden kann eintreten 1) in dem Stadium, wo der Faden erst in Stäbchen gegliedert ist; 2) in dem Stadium, wo die Stäbchen sich bereits in Micrococcen getheilt haben.

Im ersteren Falle muss sich daher vor der Mündung ein Haufen von Stäbchen (Fig. 7) ansammeln, im letzteren aber ein Haufen von Micrococcen (Fig. 7).

Die Membran der ausgetretenen Zellchen zeigt gallertige Beschaffenheit, daher bleiben die Zellchen an einander hängen und bilden ein schleimiges Häufchen, eine Zoogloea. Man hat daher eine Micrococcen-Zoogloea (Fig. 8*a*, 9) und eine Stäbchen-Zoogloea (Fig. 10) zu unterscheiden. Entleeren sich Stäbchen oder Micrococcen führende Fäden nur zum kleineren Theile, so werden die Zoogloeen nur geringe Dimensionen annehmen. Entleert sich der Faden zum grossen Theile oder auch ganz, so können, da derselbe oft an 100 Zellen und mehr enthält, schon ziemlich stattliche Zoogloeen zu Stande kommen (Fig. 10). Es wurde bereits oben erwähnt, dass ein Faden nur im obersten Theile Micrococcen, weiter zurück aber noch Stäbchen enthalten kann. Wenn nun, wie das häufig geschieht, die Stäbchen zu den ausgetretenen Micrococcen hinzustossen, so muss selbstverständlich eine Zoogloea entstehen, welche sowohl Micrococcen als Stäbchen führt.

[1] Für *Beggiatoa mirabilis* auch von Cohn gezeigt.

Glaucothrix gracillima bildet mithin 1) Micrococcen-Zoogloeen, 2) Stäbchen-Zoogloeen, 3) Zoogloeen, welche aus Micrococcen und Stäbchen bestehen.

Mit den beschriebenen Zoogloeen, deren Bildung man direct sehen kann, stimmen nun in Bezug auf Einschlüsse und Form aufs Vollständigste überein die Zoogloeen. welche man zwischen den Glaucothrixfäden oder auf deren Unterlage findet. Der einzige Unterschied besteht darin, dass letztere Colonieen theilweise grösser sind und dann viele Hunderte von Zellchen der Micrococcusform, oder der Stäbchenform, oder beider enthalten.

Die grösseren Colonieen sind offenbar aus den kleineren durch fortgesetzte Zweitheilung entstanden, denn die Zellchen befinden sich stets der Mehrzahl nach in diesem Zustande.

Noch muss ich auf den nicht unwichtigen Umstand hinweisen, dass die Dickendimension der Glaucothrixfäden Schwankungen unterliegt, wenn auch nur in geringen Grenzen. Manche Fäden messen kaum zwei, andere drei bis vier Micrometer im Durchmesser (Vrgl. Fig. 1. 3 mit Fig. 4). Hiernach müssten auch die Theilstücke (Stäbchen, Micrococcen) in verschiedenen Fäden verschiedenen Durchmesser aufweisen, des gleichen müssten die von verschiedenen Fäden abstammenden Colonieen Einschlüsse von verschiedenem Durchmesser enthalten. Dies ist nun in der That der Fall: die eine Micrococcen-Colonie zeigt sehr kleine Micrococcen, die andere etwas grössere, die eine sehr schmale, die andere etwas breitere Stäbchen.

Andere wichtige Momente beziehen sich auf die Grade der Vergallertungsfähigkeit der Einschlüsse:

1) Unmittelbar nach ihrer Bildung zeigen die Zoogloeen Micrococcen-, resp. Stäbcheneinschlüsse, die einen nur dünnen, nach aussen hin nicht scharf begrenzten Gallerthof besitzen (Fig. 9. 10).

2) Bei längerer Cultur der Zoogloeen in blossem Wasser wurden die Gallerthüllen dicker und erhielten einen ziemlich scharfen Saum (Fig. 11).

3) Bei noch längerer (monatelanger) Cultur theilten sich die Einschlüsse innerhalb dieser Hüllen und jedes Theilstück umgab sich meistens mit einer besonderen Gallerthülle, sodass die sekundären Hüllen in die primären eingeschachtelt erschienen (Fig. 12 a).

Diese drei Momente in der Zoogloeenbildung finden sich bekanntlich auch bei den Spaltpilzen, z. B. schön bei *Crenothrix*.[1] Alle drei Zoogloeaformen machten auf mich, sowie auf andere Botaniker, denen ich sie vorlegte, sofort den Eindruck von *Chroococcaceen*. Dieser Umstand bestimmte mich zu der Nachforschung, ob sie nicht bereits als solche beschrieben seien. Es ergab sich, dass dieselben in der That als Repräsentanten verschiedener Choococcaceengattungen veröffentlicht wurden und zwar von A. Braun und P. Richter. Ersterer publicirte obige Zoogloeenformen unter der Bezeichnung „*Aphanocapsa? nebulosa*“ (in Rabenhorst's Algen Europa's No. 2454 *a* u. *b*) und als *Gloeothece inconspicua* (daselbst, No. 2454).[2] Letzterer beschrieb die Stäbchen-Zoogloea als

---

[1] Vgl. meine Entwickelungsgeschichte der Crenothrix polyspora.

[2] Herr P. Richter in Leipzig hatte die Freundlichkeit, mich auf diese Exsiccaten aufmerksam zu machen. Auch dieser Chroococcaceenkenner ist der Meinung, dass obige Zoogloeen meiner Culturen, die ich ihm lebend übersandte, mit den Braunschen Chroococcaceenarten identisch sind.

[3] Hedwigia 1880. No. 11 u. 12: Zur Frage über die möglichen genetischen Verwandtschaftsverhältnisse einiger einzelligen Phycochromaceen.

Aphanothece caldariorum[3], und spricht (l. c.) die Vermuthung aus, dass „eine nachfolgende Untersuchung und Cultur wohl zu dem Resultate führen dürfte, dass alle drei Arten (*Aphanocapsa nebulosa* A. Br., *Gloeothece inconspicua* A. Br. und *Aphanothece caldariorum* P. Richter) nur eine einzige Species bilden.“ In gewissem Sinne ist diese Vermuthung richtig, denn alle drei Arten sind, wie ich zeigte, blosse Modifikationen ein- und derselben Zoogloea, der Zoogloea von *Glaucothrix.*

Die durch Entleerung der Scheiden gebildeten Zoogloeen sind anfangs klein und erscheinen dem Auge als blosse Punkte. Später aber vergrössern sie sich durch fortgesetzte Theilung ihrer Einschlüsse und fliessen schliesslich zu schleimigen hautartigen Ueberzügen zusammen, wie man das an den Glaswänden der Culturgefässe schön verfolgen kann.

In guten Nährlösungen kultivirt wuchsen die Einschlüsse der Zoogloeen nach mehreren Monaten zu zunächst ganz kurzen Fäden heran, die denselben Durchmesser wie die Einschlüsse zeigten. Das Auswachsen erstreckt sich gleichzeitig auf alle Einschlüsse der Colonie, sodass die jungen Fäden in dichtester Lagerung gefunden werden und ein förmliches Gewebe darstellen, indem sie nach den verschiedensten Richtungen hin liegen. Zustände, die denselben Charakter tragen, fand ich an den Glasfenstern der Warmhäuser des botanischen Gartens. Schliesslich wachsen die jungen Fäden zu längeren aus. Die Entwickelung von den Micrococcen und Stäbchen aus zu vollständigen Fäden nahm in meinen Culturen in Nährlösungen mehrere Monate, vom Juli bis November, in Anspruch.

In demselben Wasser, in welchem sich reichlich Micrococcen und Stäbchenzoogloeen entwickelt hatten, wuchsen die Einschlüsse, obwohl die Culturen etwa ein Jahr stehen blieben, nicht wieder zu Fäden aus, sondern vermehrten sich reichlich unter Beibehaltung der Zoogloeenform.

Zoogloeen, auf grosse poröse Thonplatten gebracht, welche mit ihrem Ende in feuchtem Sande steckten, und in grossen bedeckten Glasgefässen gehalten wurden, wuchsen gleichfalls nicht zu Fäden aus, sondern bildeten elf Monate hindurch durch fortgesetzte Zweitheilung immer wieder Micrococcen resp. Stäbchen, welche schliesslich einen dünnen Ueberzug auf den Platten darstellten. Culturen, die mit gewöhnlichem Wasser angestellt wurden und anfangs reichlich Fadenzustände der Glaucothrix enthielten, wurden im Laufe von $^1/_2$—$^3/_4$jähriger Aufbewahrung immer ärmer an Fadenzuständen, bis diese schliesslich verschwanden. Die Zoogloeenbildung aber gewann von Monat zu Monat an Intensität.

Aus allen diesen Experimenten und Beobachtungen folgt, dass mit der Länge der Culturen, beziehungsweise mit der Verschlechterung des Substrats, eine Vermehrung der Zoogloeaform (Chroococcaceenform) Hand in Hand geht.

Der Experimentator hat es also ganz in seiner Gewalt, die Alge beliebig lange Zeit (Jahre, Jahrzehnte etc.) auf der Coccen, resp. Stäbchen-Stufe zu erhalten. Will er dann einmal die Fadenform haben, so braucht er nur ein besseres Substrat zu verwenden.

Es ist anzunehmen, dass auch im Freien auf längere Zeit schlechte Ernährungsverhältnisse eintreten können, welche die Zoogloeenbildung begünstigen; treten dann günstigere Substratsbedingungen ein, so wird die Entwickelung zur Fadenform sich vollziehen.

2. Phragmonema sordidum.

(Taf. VII. Fig. 14—19.)

Im Orchideenhause des Botanischen Gartens zu Berlin vegetirt diese Alge auf den Blättern von *Ficus barbata,* dieselben mit einem schmutzig bräunlichen Ueberzuge versehend.[1] Ihre Fäden sitzen meist auf dem Substrat fest, zu kleinen, räschenartigen Gruppen vereinigt; die kürzeren starren von der Blattfläche ab, die längeren biegen sich auf dieselbe nieder.

Ein Gegensatz von Basis und Spitze ist an den Fäden deutlich ausgeprägt, insofern sie sich nach dem freien Ende zu schwach verjüngen oder (ausnahmsweise) erweitern (Fig. 14). Ihr Wachsthum wird vorwiegend durch eine Scheitelzelle vermittelt (Fig. 14 c, a); doch treten auch intercalare Streckungen und Theilungen auf. Die Zellen sind anfangs etwa so breit als hoch, später etwas breiter. Ihre Seiten-Membran verdickt sich mit zunehmendem Alter und vergallertet. So kommt eine Gallerthülle zustande, die aber nicht scharf contourirt erscheint. Sie zeigt bisweilen ringförmige Vorsprünge, welche in ihrer Lage den ursprünglichen Scheidewänden entsprechen (Fig. 15). Heterocystenbildung fehlt vollständig. Die Pflanze zeigt Sirosiphoneenartige, also ächte Verzweigung, indessen traf ich die Zweige nur selten an. Noch seltener kommt secundäre Zweigbildung vor.

Mitten im Verlauf der Fäden können je zwei benachbarte Zellen sich gegen einander abrunden und schliesslich von einander trennen. Auf diesem Wege wird ein Zerfall der Fäden in längere oder kürzere Zellreihen oder in einzelnen Zellen herbeigeführt. Der Zerfall der Fäden in ein- oder mehrzellige Stücke ist ein, wie wir sogleich sehen werden, wichtiges Moment.

Das Chlorophyll ist an besonders geformte Chlorophoren gebunden, eine Erscheinung, die, soweit mir bekannt, einzig unter den Phycochromaceen dasteht. In ihrer Gestalt gleichen nämlich die Chlorophoren schmalen, unregelmässig gebogenen, verzweigten und hie und da auch anastomosirenden Bändern, die häufig der Längsrichtung der Zelle parallel gelagert sind (Fig. 20).

Infolge ihres reichen Phycoxanthin-Gehalts erscheinen sie schmutzig hellbraun mit einem Stich ins Grünliche.

Die Bildung des Chroococcaceen-Zustandes erfolgt bei vorliegender Alge auf einem wesentlich anderen Wege als bei der *Glaucothrix gracillima.* Ihr Verlauf stellt sich, wie folgt, dar:

Nach einer gewissen Zeit der Vegetation erfahren die cylindrischen Zellen der Fäden weitere Theilungen (Fig. 14. 15. 16). Zunächst tritt in der Regel eine Querwand auf, die den ohnehin kurzen Cylinder in zwei niedrige scheibenförmige Segmente theilt (Fig. 14 bei *d*). Hierauf erfolgt in jedem dieser Segmente die Insertion einer medianen Längswand (Fig. 14 Faden *d* bei *a*), durch welche zwei Halbscheiben entstehen. Diese erfahren entweder nur noch eine Theilung durch je eine senkrecht auf der vorigen stehende Längswand, oder es treten noch mehrere Längswände in nicht näher zu ermittelnder Folge und Richtung auf. Durch diesen Theilungsprocess kann jedes der niedrigen scheibenförmigen Segmente in vier bis acht und mehr kleine Zellen zerfallen (Fig. 14 Faden *c* bei *a* und Fig. 15*a*. 16). Letztere Zahlen kommen aber nur bei Segmenten mit grossem Querdurch-

[1] Herr Professor Eichler hatte die Güte meine Aufmerksamkeit auf diese Alge zu lenken.

messer vor. An den Fadenstellen, an denen solche weitgehende Theilungen nach verschiedenen Richtungen des Raumes eintreten, bieten die Fäden unserer Alge eine gewisse Aehnlichkeit mit *Crenothrix* und *Beggiatoa* dar.

Ich werde die Theilzellchen auch im vorliegenden Falle als Coccen bezeichnen. Wie bei den letztgenannten Spaltpilzen tritt auch bei *Phragmonema sordidum* die Coccenbildung bald an der Spitze der Fäden, bald intercalar an einer oder mehreren Stellen auf und schreitet in acropetaler oder basipetaler Richtung vor; hier wie dort macht sie sich ferner gewöhnlich, oder doch sehr häufig, durch eine Erweiterung des Fadens bemerkbar (Fig. 14*c* bei *a* und Fig. 16). Ich sah die Coccenbildung in manchen Fällen sich auf weite Fadenstrecken hin ausdehnen, und man begreift hiernach, dass die Alge grosse Coccenmengen erzeugen kann. Das kleine in Fig. 16 abgebildete Fadenstück enthält nach meiner Schätzung allein an 250 Zellchen.

Es wurde die wichtige Beobachtung gemacht, dass, wenn die Fragmente, in die der Faden durch gegenseitige Abrundung je zweier Zellen gegliedert werden kann, Theilung in Coccen eingehen, und die aus solchen Fragmenten entstandenen Coccen-Complexe ihre gemeinsame Membran stark vergallerten, charakteristische Zoogloeen von rundlicher oder länglicher Form zu Stande kommen. Anfangs sind sie, der ursprünglichen Anordnung der Fragmente angemessen, noch fest zusammenhängend, oft längere Reihen darstellend, später indessen lockert sich ihr Verband und endlich tritt gänzliche Isolirung ein. Solche isolirte Zoogloeen könnte der Uneingeweihte für etwas ganz Fremdartiges, in den Entwickelungsgang des Phragmonema nicht Hineingehörendes halten.[1] Allein die oben erwähnten ringförmigen Vorsprünge der Fäden finden sich meist auch noch an den Fragmenten derselben vor, wenn letztere bereits Zoogloeen-Charakter angenommen haben, und bilden dann ein wichtiges Erkennungszeichen dieser Phragmonema-Zoogloeen.

Anfangs zeigen die Coccen ihrer Entstehungsweise entsprechende, eckige Formen. In der einen Ansicht erscheinen sie dreieckig, in anderen Ansichten viereckig. Sie runden aber später ihre Kanten und Ecken etwas ab. Wird die Gallerthülle coccenhaltiger Fäden bei der Präparation zerrissen, so treten sie in ihrer ganzen, oft hoch in die Hunderte gehenden Anzahl heraus, vor derselben liegen bleibend (Fig. 17. 18). Bleibt jene geschlossen, so werden sie nicht eher frei, als bis dieselbe ganz vergallert ist. Doch kann dieser Process lange aufgeschoben werden resp. gänzlich unterbleiben. Die freigewordenen Coccen bilden zwischen den Phragmonemafäden oder auf dem Substrat zahlreiche kleinere oder grössere lose Häufchen, ähnlich wie bei *Glaucothrix*, oder liegen in Menge einzeln da. Anfangs, d. h. wenn sie noch im Faden dicht beisammengelagert sind, lassen die Coccen noch ziemlich scharf begrenzte Chlorophoren erkennen mit bräunlichem Farbstoff tingirt. Nach der Isolirung aber erscheint der Contour der Chlorophoren meistens minder scharf und die ursprünglich bräunliche Färbung zeigt einen deutlichen Stich ins Blaugrüne. (Scheinbar ist der ganze Plasmainhalt so tingirt.) Ausserdem tritt jetzt eine helle, vacuolenartige Stelle in der Zelle sehr deutlich hervor (Fig. 17. 18). Durch alle diese Veränderungen, zu denen noch die Abrundung kommt, erhalten die Coccen ein im Verhältniss zu den

[1] Leider war die Phragmonema darstellende Tafel schon im Druck, als dass ich diese Zoogloeenbildung noch hätte illustriren können. Doch habe ich an anderer Stelle zur Ausfüllung dieser Lücke einige diesbezügliche Zeichnungen gegeben. (Bot. Verein d. Pr. Brandenb. Junisitzung 1882.)

ursprünglichen Zellen des Fadens ziemlich fremdartiges Aussehen. Könnte man diese Veränderungen nicht noch innerhalb der Scheide in ihrem allmählichen Verlauf klar verfolgen, so würde man bei Betrachtung eines bereits ausgetretenen Coccus-Haufens leicht in Zweifel gerathen, ob man nicht Zustände einer ganz fremden Alge vor sich habe. Nachdem die Coccen trotz schwacher Abrundung noch einige Zeit Andeutungen ihrer ursprünglich eckigen Form gezeigt, wird die Abrundung eine so vollständige, dass die Form der Kugel oder eines kurzen Ellipsoïds erreicht wird (Fig. 19). Die zarte Haut wird überdies durch eine etwas derbere ersetzt. Auch in solchen Formen bleibt der oben charakterisirte Chlorophor meistens deutlich.

Die Zellchen vermehren sich durch fortgesetzte Zweitheilung.

Da die Bildung der Coccen-Zoogloeen, wenigstens auf ganz feucht gehaltenen Ficusblättern, mitunter ausserordentlich reichlich war, so hoffte ich durch fortgesetzte Cultur und stetige Durchmusterung von Material die Auskeimung der Coccen aufzufinden. Allein weder in den Wintermonaten noch im Frühjahr wollte es mir gelingen, auch nur eine Zoogloea im Auskeimungsstadium anzutreffen. Schliesslich aber sollte mein Suchen doch belohnt werden, denn ich fand im Sommer (Juli) an frischem Material zwischen den Fäden Colonieen von kurzen Stäbchen, welche nach der Art ihrer Zusammenlagerung, nach ihren Dimensionen und charakteristischen Chlorophoren nichts anderes denn die ersten Auskeimungszustände von Coccen-Colonieen sein konnten. Das eine oder andere Stäbchen solcher Colonieen hatte sich mitunter bereits gestreckt und eine Querwand inserirt, zeigte also bereits das erste der Stadien, die zur Fadenbildung führen.

Ob die isolirten, mit etwas derberer Membran versehenen Zellen sich ebenso verhalten, konnte bisher nicht festgestellt werden. Doch dürfte hieran kaum zu zweifeln sein. Was die Stellung der Alge anlangt, so ergiebt sich aus den mitgetheilten Daten, dass sie in die Verwandtschaft der *Sirosiphoneen (Stigonemeen)* gehört. Die Art der Coccenbildung und der Mangel einer Heterocystenbildung dürfte es wohl rechtfertigen, ein neues Genus für sie zu creiren, für das ich obigen Namen vorschlage.

Phragmonema sordidum besitzt nur eine Chroococcaceenform, die Coccenform; *Glaucothrix gracillima* weist zwei Chroococcaceenformen auf: Coccen und Stäbchen.

Schliesslich möge erwähnt werden, dass Herr Professor L. Cienkowski sich die Entwickelungsstadien des Phragmonema, welche zu der charakteristischen Zoogloeabildung führen, sämmtlich, und zwar an ganz frischem Material, bei mir kritisch angesehen hat und mein Resultat, dass in den Entwickelungsgang dieser Sirosiphonee eine Zoogloeenbildende Chroococcacee hinein gehört, durchaus bestätigen kann. Die Frage, ob die Zoogloeen längere Zeit ein selbständiges Leben führen können, muss ich bejahen. Denn im Laufe von mehr als sechsmonatlicher Cultur blieben sie in ihrer charakteristischen Gestalt erhalten und schienen sich nur zu vergrössern.

3. Gliothrix tenerrima.

Es ist dies eine winzige Spaltalge, die im Schlamm des Pankeflüsschens lebt und sich in allen den zahlreichen Culturen, die während des letzten Jahres mit dickem stinkenden Schlamm angestellt wurden, nach dem Zurücktreten der anfänglichen Spaltpilzvegetation in üppigster Form entwickelte. Die Pflanze bildet an der ganzen belichteten

Seite der Wandung der Glas-Culturschalen zunächst schön grünbläuliche, bläulichgraue bis selbst schmutzig-citronengelbe Inseln, die bei späterer Vergrösserung zu ausgedehnten gleichmässigen Ueberzügen zusammenfliessen. Dieselben sind nur dünn, dabei schleimig, so dass sie beim Abheben fadenziehend erscheinen. In Wasser eingebracht, löst sich der Ueberzug vollständig auf.

Was dieses Object zunächst beachtenswerth macht, das ist die ausserordentliche Feinheit seiner Fäden. Sie ist so frappant, dass man einen der feinfädigsten Spaltpilze vor sich zu haben glaubt.[1] Und ich war lange Zeit der Meinung, es liege hier ein chromogener Spaltpilz vor, bis ich durch den Umstand, dass die Pflanze sich stets nur an der belichteten Seite der Glasgefässe ansammelt und im Dunkeln nicht zu gedeihen vermag, auf die Vermuthung geführt wurde, dass der vermeintliche Spaltpilz wohl eine Spaltalge sei. Die spectroskopische Untersuchung einer alkoholischen Lösung des Farbstoffs ergab nämlich, wie die Herren Prof. Frank und Dr. Tschirch bestätigten, einen ausgesprochenen Chlorophyll- resp. Phycochrom-Charakter.

Ein zweiter beachtenswerther Punkt liegt darin, dass diese Alge in ihren Entwickelungsformen durchaus gewissen Spaltpilzen, etwa dem Pilz der blauen Milch *(Bacterium cyanogenum)* entspricht, der nach Neelsen's früher citirten Untersuchungen Coccen-, Stäbchen- und Fadenformen bildet. Ueberdies tritt jeder dieser drei Zustände der Spaltalge in Schleimcolonieen (Zoogloeen) auf, so dass man eine Faden-Zoogloea, eine Stäbchen-Zoogloea und eine Coccen-Zoogloea unterscheiden kann. Uebergänge von Langstäbchen zu Kurzstäbchen und von Kurzstäbchen zu Coccen lassen sich oft an ein und demselben Faden demonstriren.[2] Der Vergallertungsprocess geht an den Fadenzuständen bisweilen so weit, dass die mehr oder minder parallel oder auch unregelmässig gelagerten, bald geraden, bald gekrümmten Fäden durch ziemlich weite Abstände getrennt erscheinen. Das Gleiche gilt von Stäbchen und Coccen. Einen deutlichen Grenzcontour der einzelnen Gallerthüllen lässt sich selbst mit Färbungsmitteln nicht sichtbar machen.

Bleiben die Stäbchen bis zur Coccenbildung im Fadenverbande, so kommen lange Coccenketten (Torulaform) zu Stande. Später indessen isoliren sich die Coccen innerhalb der Gallert und gehen fortgesetzte Zweitheilung ein. Nach der bisherigen Spaltalgen-Systematik würde man solche Coccen-Zoogloeen als eine *Aphanocapsa* bezeichnen, die Stäbchen-Zoogloeen als eine *Aphanothece.* (Es wäre nicht ganz unmöglich, dass jene Zustände unter diesen Bezeichnungen bereits beschrieben wären. Doch möchten die Aufsammlungen in den Herbarien kaum sicheren Aufschluss über die Identität geben.) In Wasser gebracht, tritt völlige Auflösung der Gallert ein, infolge deren die stets deutlich grün oder schmutzig gelblich tingirten Einschlüsse gänzlich in Freiheit gelangen. Die intensive Gallertbildung aller Zustände scheint mir eines der Characteristica der Pflanze zu sein; und ich wüsste kein Spaltalgen-Genus, welches hierin mit unserer Alge übereinstimmte.

---

[1] Ich habe die merkwürdige Pflanze den Herren Eichler, Frank, Kny, Köhne, Tschirch, Wille, Wittmack in der Sitzung des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg vom Juni 1882 vorgelegt. Sie waren über den spaltpilzartigen Charakter geradezu erstaunt.

[2] Leider gestattete es der Raum nicht, Abbildungen der Alge zu geben. Sie sind der oben citirten Publication im Bot. Verein der Pr. Brandenb. beigefügt (Separatabdruck).

Wie aus den eben gegebenen Mittheilungen erhellt, bietet das vorliegende Object einen weiteren ausgezeichneten Beleg dafür, dass Spaltalgen und Spaltpilze eine grosse morphologische Aehnlichkeit besitzen.

Die Aehnlichkeit wird noch erhöht durch den Umstand, dass die Coccen der Spaltalge die Fähigkeit besitzen, in den Schwärmzustand überzugehen. (Ich habe die Schwärmerbildung nur an Coccen beobachtet, nicht aber an Stäbchen. Sie zerfielen nämlich bei der Beobachtung immer in sich trennende Coccen.) Die wichtige Frage, ob Spaltalgenstadien Schwärmerform annehmen können, erhält hierdurch eine weitere positive Beantwortung. Bereits Reinke machte die Beobachtung, dass Merismopediazellen den Schwärmzustand annehmen können, und neuerdings haben Van Tiegtem und Engelmann die Stäbchenformen einer Spaltalge gleichfalls im Schwärmzustande angetroffen.

4. Scytonema fecunda.

(Taf. VII. Fig. 10—13.)

Diese Alge entwickelte sich in einer mit Wasser gefüllten Flasche, in welche eine Chroococcaceenmasse geworfen worden war, die den Wänden des Warmhauses im hiesigen Universitätsgarten entnommen wurde und vorwiegend eine kleine *Aphanothece* enthielt, gemischt mit einer *Gloeocapsa*. Im Laufe von mehr als einjähriger Cultur bedeckte sich die ganze Wandung der Flasche mit einer dünnen Haut, bestehend aus den fädigen Individuen obiger schwach blaugrünen Spaltalge. Ich liess nun das Wasser in jener Bierflasche während der angezeigten Frist allmählich soweit verdunsten, dass schliesslich nur noch der Boden bedeckt blieb, die wandständige Haut also nach und nach in ihrer ganzen Ausdehnung mit der Luft in Berührung kam, ohne jedoch auszutrocknen. Dieses Experiment hatte zur Folge, dass die Glieder der Fäden den Chroococcaceenzustand eingingen.

Der Fadenzustand besteht zunächst aus gestreckten Zellen, die sich mit einer Scheide umgeben. Eine Heterocystenbildung habe ich nie beobachten können. Verzweigungen, nach dem Scytonematypus erfolgend, treten nur selten auf und sind bei der dichten, stellenweis genau parallelen Lagerung der relativ zartscheidigen Fäden schwer aufzufinden. Ist die Scheide differenzirt, so treten aus ihr Fadenstücke, aus mehreren bis vielen Zellen bestehend (Fig. 10 *a b*), ins Freie und lagern sich in Menge zwischen oder auf die sich entleerenden Scheiden. Nach längerem Herumkriechen kommen sie zur Ruhe, und jetzt wird die Chroococcaceenbildung eingeleitet. Ihre bis dahin gestreckten oder doch etwa isodiametrischen Zellen theilen sich nämlich jetzt durch sekundäre Querwände in Glieder von sehr geringer Höhe (Fig. 11). Darauf erfolgt eine Streckung derselben in der Querrichtung des Fadens (Fig. 11). Hierzu kommt eine Abrundung der Glieder an den Polen und an den Seiten, infolge deren sich ihr Verband lockert und ihre Form in die eines cylindrischen Stäbchens umgewandelt wird. Von den ursprünglichen Fadengliedern, wie wir sie noch in der Scheide liegend finden, zeigen diese an den Polen gerundeten Stäbchen mithin eine nicht unerhebliche Gestaltverschiedenheit. Anfangs liegen die Stäbchen noch genau parallel und lassen daher in ihrer Lagerung die Abstammung aus einer fadenförmigen Hormogonie auf den ersten Blick erkennen (Fig. 11 zwischen *aa*). Bald aber verschieben sie sich mehr und mehr und entfernen sich von einander (Fig. 11, oben), offenbar infolge der Vergallertung ihrer Haut. Später findet man die ursprüngliche Lagerung nur noch angedeutet (Fig. 12), endlich vollständig verwischt (Fig. 13). Schon während die Stäbchen noch dicht bei

einander liegen, theilen sie sich nach vorhergegangener Streckung, und zwar in einem anderen Sinne als früher. Die Querwände liegen nämlich senkrecht zu der ursprünglichen Theilungsrichtung, also parallel zur Fadenaxe (Fig. 11 bei *a*). Fortan wird diese Theilungsrichtung beibehalten. In den aus einer Hormogonie hervorgegangenen, noch in der Fadenform gelagerten Stäbchen tritt jene Theilung gewöhnlich nicht gleichzeitig auf, und in diesem Falle erscheint der Faden an der einen Stelle weiter, an der andern enger.

Die Stäbchenbildung kann auch innerhalb der Scheiden erfolgen, wenn die ursprünglichen Zellen nicht in Form von Hormogonien austreten. Die Stäbchen werden in diesem Falle aber erst dann frei, wenn die Scheide vollständig vergallertet ist.

Von der Massenhaftigkeit der Stäbchenbildung kann man sich durch eine einfache Rechnung leicht einen Begriff machen.

In oben erwähnter Cultur wurde eine wandständige Haut gewonnen, welche aus ganz dicht neben- und übereinander gelagerten Fadenzuständen (Fig. 13) bestand und gering veranschlagt 110 Quadratcentimeter Fläche hatte.

Nehmen wir nun die Länge eines Fadens zu 1 mm, seinen Durchmesser zu 4 mikr, die Länge seiner Zellen zu 8 mikr an, so mussten in jener Haut gering veranschlagt 2,750,000 Fäden, also 343,750,000 Zellen liegen. Wir dürfen annehmen, dass sich diese in je vier Stäbchen theilen, und so ergiebt sich eine Stäbchenzahl von 1,375,000,000. In diesen erfolgt nun wiederholte Zweitheilung in dem bekannten Sinne, und so entstehen Unmassen von Stäbchen. Sie lagern sich auf den Scheiden der Alge in solchen Mengen ab, dass letztere auf ganze Strecken hin verdeckt werden. Durch Gallertigwerden ihrer Haut verkleben sie zu Zoogloeen von *Aphanothece*-Charakter.

5. Oscillaria leptotricha Kütz.

(Taf. VI. Fig. 17. 18.)

Sie bildet dünne, an den Enden sich rüsselförmig verschmälernde blaugrüne Fäden, die in der freien Natur und in Aquarien sehr häufig zu finden sind und zu hautartigen Massen zusammenkriechen. Sie sind ausserordentlich flexil und bilden häufig Spirulinenformen. Eine augenfällige Scheidenbildung unterbleibt. Man erkennt an den Fäden eine zarte Gliederung in kurze Stäbchen (Fig. 18). Weitergehende Theilungen, die zu einer Micrococcenbildung führen könnten, kommen, so scheint es, nicht vor.

Auch für diese Alge kann ich eine Chroococcaceenform constatiren, die aus jenen Stäbchen besteht. Sie kommt dadurch zu Stande, dass die Glieder der Fäden ausser Verband treten und in Haufen zusammen liegen bleiben.

Eine früher gemachte Erfahrung benutzend, nach der die Fäden der Alge gern in Gehäuse niederer Thiere, in leere Cyperisschalen, Arcellenschalen etc. einkriechen, brachte ich in eine absolut reine Cultur der Alge grosse Mengen solcher Schalen (die sich zufällig in einer Vallisneriencultur fanden). In diese krochen die Fäden auch wirklich in reicher Anzahl hinein, sodass schliesslich kaum noch algenfreie Schalen gefunden werden konnten und diese von den Fäden vollgestopft erschienen. Nach zwei bis drei monatlicher Cultur musterte ich die Fäden der Schalen und sah, dass viele in stäbchenförmige Glieder zerfallen waren, die sich entweder schon vollständig getrennt hatten, oder doch in nur noch lockerem Verbande lagen (Fig. 17). Die getrennten Zellchen, anfangs noch in Reihen liegend

und ihre ursprüngliche Form mit abgestutzten Enden zeigend, verschoben sich später vielfach und rundeten die Enden schliesslich stark ab, sodass sie nunmehr in ellipsoïdischer Gestalt erschienen. Sie bildeten stattliche Haufen, die mitunter einen beträchtlichen Theil der relativ geräumigen Cyprisschalen einnahmen, die kleinen Arcellenhüllen dagegen ganz auszufüllen vermochten.

Natürlich zerfallen auch die nicht eingefangenen Fäden in jene sich abrundenden Zellen, und so kann man die letzteren oft reichlich zwischen noch intacten Fäden antreffen, entweder einzeln oder in Gruppen. Ich zweifele nicht, dass jene Zellen bei ihrer Häufigkeit schon von den Algenbeobachtern gesehen wurden. Vielleicht hat man sie als eine *Synechococcus*-Art beschrieben. Ihre Auskeimung zur Fadenform habe ich noch nicht gesehen.

6. Chamaesiphon crenothrichoïdes.

Die Alge stellt gewissermassen eine blaugrüne, auf Wasserpflanzen (Utricularien etc.) festsitzende Crenothrix dar. Ihre Fäden sind unverzweigt und zeigen einen Gegensatz von Basis und Spitze, der sich einmal darin ausspricht, dass die Scheide an ausgewachsenen Individuen am oberen Ende, ähnlich wie bei Crenothrix, meist grössere Weite besitzt als am unteren, zweitens darin, dass die anfangs gestreckten stäbchenförmigen Glieder in basipetaler Folge zur Micrococcenbildung schreiten. Die Micrococcen stellen, noch in der Scheide befindlich, niedrige Cylinderscheiben dar, die aus der Scheide austreten, sich abrunden und in der unmittelbaren Umgebung der Fäden kleine Zoogloeen bilden. Letztere tragen einen anderen Charakter, als die der vorbeschriebenen Schizophyceen. Ihre Zellchen theilen sich in nur einer Richtung des Raumes und bleiben fast ausnahmslos in einer Ebene gelagert, sodass die Colonieen Scheiben darstellen, die oft etwas Merismopoediumartiges haben, bald viereckig, bald rundlich erscheinen. Durch Verschmelzung der gallertigen Hüllen der Micrococcen entsteht eine Gallertmasse, die später einen scharfen Contour zeigt. Bei der Häufigkeit der Alge dürfte diese Chroococcaceenform in der Literatur vielleicht als ein *Merismopoedium* beschrieben sein. Die Auskeimung der Micrococcen konnte ich leider noch nicht beobachten, werde aber diese Lücke später auszufüllen versuchen.

7. Tolypothrix Nostoc.

(Taf. VI. Fig. 19—31.)

Sie entwickelte sich in einem Gefässe, in welchem Beggiatoen gezüchtet waren, und bildete im Laufe einjähriger Cultur eine continuirliche, lebhaft grünblaue Haut, welche die Glaswand in Form eines mehrere Centimeter breiten Bandes bedeckte.

Die Fäden (Fig. 19) bestehen an der Basis aus gestreckten, am Ende aus kürzeren Zellen von grünblauer Farbe und lassen eine meist spärliche Bildung von Heterocysten (Fig. 19*h*) erkennen, die in der Einzahl oder auch paarweise auftreten, bald gestreckt, bald kurz erscheinen und gelbe Tinction zeigen, aber auch hyalin sein können. Im erwachsenen Zustand bemerkt man an den Fäden eine entwickelte Scheide, welche gelegentlich stark aufquillt. An den abgestorbenen Basaltheilen der Fäden nimmt sie bisweilen schön rothbraune bis selbst violette Färbung an. In der Regel findet die Verzweigung nach dem Tolypothrix-Typus, d. h. unterhalb eines Heterocysten statt (Fig. 19), allein sie erfolgt auch nicht selten in der für Scytonema charakteristischen Weise. Die Gliederung der Fäden in Fragmente

(Hormogonien) (Fig. 19*a*, *b*) erfolgt nach dem bekannten Modus, also in dem Wege, dass sich je zwei beliebige benachbarte Zellen im Verlauf des Fadens gegen einander abrunden. Dabei behalten diese Zellen entweder den normalen Charakter vegetativer Zellen bei, oder sie können vorher zu Heterocysten umgewandelt werden, und zwar beide oder nur eine von beiden. Demnach giebt es Hormogonien mit heterocystenfreien Enden (Fig. 19*a*), Hormogonien mit zwei polaren Heterocysten (Fig. 23) und Hormogonien mit nur einem End-Heterocysten (Fig. 20*a*). Ueberdies treten an längeren Hormogonien ein oder zwei, an grösseren drei bis vier intercalare Heterocysten (Fig. 20*b*), mitunter ausserdem noch sogenannte „todte Zellen" (Fig. 26*t*), in einiger Entfernung von einander auf.

In der Weiterentwickelung der Hormogonien machen sich den meisten anderen Tolypothrix-Arten, ja allen Scytonemeen und Rivalarieen gegenüber auffällige Besonderheiten geltend, die man bisher nicht kannte.

Während nämlich die Hormogonien bei den Repräsentanten genannter Gruppen entweder direct zu gewöhnlichen vegetativen Fäden auswachsen, oder in einen Dauerzustand eintreten [*Rivalaria bullata* (Poir)], gehen die Hormogonien vorliegender Tolypothrix zunächst einen Zoogloenzustand ein, der in seiner Form Nostoc-Colonieen so täuschend nachahmt, dass Niemand in ihm ein blosses Tolypothrix-Stadium vermuthen sollte.

Die Entwickelung der Hormogonien zur Nostocform hebt damit an, dass sie sich frühzeitig mit einer dicken, scheidenartigen Membran umgeben, die allmählich so bedeutend aufquillt, dass sie als ein sehr dicker Gallertcylinder die Hormogoniee umhüllt (Fig. 21—24).

Ein zweites wichtiges Moment liegt darin, dass alle Zellen der gallertumhüllten Hormogonie eine etwas bauchige Form annehmen und eintreten in lebhafte Zweitheilung (parallel dem Querdurchmesser des Fadens), infolge deren sich die Zellreihe stark verlängert (Fig. 21. 25). Bei diesem Processe nimmt der Faden zunächst schwache Biegungen an (Fig. 25), dann werden dieselben stärker und bald in dem Grade auffällig, dass der Faden eine unregelmässig schlangenförmige oder auch gewundene Gestalt gewinnt und mit seiner Gallerthülle jetzt bereits wie ein Nostocfaden erscheint (Fig. 30). Schliesslich wächst und krümmt er sich noch mehr, die Windungen berühren sich gegenseitig, und die Scheidentheile verkleben an verschiedenen Punkten, sodass endlich eine gemeinsame Gallertmasse entsteht, in der die Hormogonie als vielfach gekrümmte Faden eingebettet liegt (Fig. 31). Anfangs lässt sich die Scheidengrenze der Windungen noch deutlich erkennen, spätert wird sie verwischt, und so entsteht eine homogene Schleimmasse, deren Contour zunächst noch gekerbt ist (Fig. 31), endlich aber gerundet erscheint.

War die ursprüngliche Hormogonie mit Heterocysten oder mit todten Zellen versehen, so zeigt auch der daraus hervorgegangene Nostoc solche. Sie vergallerten aber nicht, und darum zeigt die Gallerthülle an dem Punkte, wo ein Heterocyst oder eine todte Zelle liegt, keine oder schwache Vergallertung (Fig. 30).

Ob in den Colonieen eine secundäre Heterocystenbildung eintritt oder nicht, habe ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden vermocht, da sich nie Heterocysten auf verschiedenen Stufen der Ausbildung vorfanden.

Was die Aehnlichkeit des Tolypothrix-Nostoc mit den gewöhnlichen Nostocformen noch frappanter macht, ist der beachtenswerthe Umstand, dass die Hormogoinen in den ersten Stadien der Nostocbildung bezüglich ihrer Theilungen genau dieselben Ver-

hältnisse zeigen, wie sie THURET[1] für *Nostoc vesicarium* Bréb. (Nostoc sphaericum Vauch) und BORNET[2] für *Nostoc tenuissimum* RABENH. in Wort und Bild charakterisirten. Die Glieder können sich nämlich in der Querrichtung des Fadens strecken und dann durch eine der Längsachse desselben parallele Wand in zwei Glieder theilen. Aus solchen längsgetheilten Fäden gehen dann Nostoc-Colonieen in derselben Weise hervor, wie es BORNET (l. c. p. 111) beschreibt (im Gegensatz zu THURET's Angaben, deren Unrichtigkeit auch ich für *Nostoc vesicarium* bestätigen kann).

Um zu erfahren, ob auch ein Algensystematiker meinen Tolypothrix-Nostoc für einen wirklichen Nostoc erklären würde, sandte ich Material an Dr. KIRCHNER. Er bestimmte ihn in der That als *Nostoc* und hält ihn für *N. tenuissimum* RABENH.

Der *Tolypothrix-Nostoc* entspricht derjenigen Zoogloeaform der Spaltpilze, welche das Formgenus *Myconostoc Cohn* darstellt.

Obwohl nun an den aus der Scheide der Tolypothrix ausgetretenen Hormogonien alle Uebergänge von der noch geraden unvergallerteten Form zu der Nostoc-artig gekrümmten, vergallerteten mit vollster Klarheit zeigen, und meine sorgsam ausgeführten Zeichnungen diese Uebergänge, wie ich glaube, gleichfalls klar zur Anschauung bringen, so könnte man mir immer noch den Einwand machen, dass meine Culturen doch vielleicht nicht ganz frei von wirklichem Nostoc gewesen seien, von einer Art, die zufällig genau dieselben geraden, anfangs nur schwach vergallerteten Hormogonien mit genau derselben Grösse der Glieder und der Heterocysten besitze, wie Tolypothrix; und dieser Einwand könnte immerhin dem, der das natürliche Object nicht gesehen, nicht monatelang beobachtet hat, durchaus berechtigt erscheinen. Ich muss daher eine Beobachtung anführen, welche solche und ähnliche Einwände streng widerlegt.

Es liess sich nämlich wiederholt die Bemerkung machen, dass Hormogonien nicht ganz die Fadenscheide verlassen, sondern mit ihrer Basis in derselben stecken bleiben. An solchen stecken gebliebenen Hormogonien vollziehen sich nun Vergallertung, Theilung, Krümmung, kurz alle Zustände der Nostocbildung in eben der Weise, wie sie beschrieben wurde. (Man vergleiche Fig. 28 und 29.) Somit steht es fest, dass eine *Tolypothrix* Nostoc-Zustände zu produciren vermag.

Nach dieser Thatsache wäre es nicht unmöglich, dass auch andere Nostocformen blosse Zoogloeenzustände von Scytonemeen sind, vielleicht auch andere Tolypothrix-Arten Nostoc erzeugen können. Für eine gewisse Tolypothrix, die ich gleichfalls in Cultur halte, scheint mir dies sehr wahrscheinlich.

Was aus den Nostocfäden wird, ob ihre Zellen sich isoliren und unmittelbar zu Fäden auswachsen, oder ob sie Sporen bilden, aus denen wieder die typische Tolypothrix hervorwächst, habe ich bisher nicht ermitteln können, da ich die Pflanze erst seit sechs Monaten genauer ins Auge fasste. Es kam mir übrigens zunächst auch nur darauf an, im Anschluss an die obige Beobachtung von Chroococcaceen-artigen Zoogloeen bei Spaltalgen einen Fall von Nostoc-artiger Zoogloeenbildung bei fädigen Schizophyceen zur Kenntniss zu bringen.

Was die Frage über die Bedingungen betrifft, unter denen sich die Nostoc-artige Zoogloea entwickelt, so muss ich betonen, dass sie in meinen Culturen an den Wandungs-

[1] Observations sur la reproduction de quelques Nostochineés. Soc. des sc. nat. de Cherbourg 1857. p. 21.

[2] Notes algologiques, Fasc. II. p. 108. Taf. 31, Fig. 7.

stellen der Gefässe und zwar in den über dem Niveau des Wassers liegenden, mit der atmosphärischen Luft des Gefässes in unmittelbarer Verbindung stehenden Regionen, aber nicht im Wasser selbst entstanden. Jene Stellen wurden nur durch den im Raum zwischen dem Wasserspiegel und dem nicht dicht schliessenden Glasdeckel befindlichen Wasserdunst feucht gehalten. Man darf hiernach wohl annehmen, dass die Bedingungen für die Zoogloeen-Bildung in der durch geringe Feuchtigkeit bedingten schlechten Ernährungsweise oder in der innigeren Berührung mit der atmosphärischen Luft oder endlich in beiden Factoren zu suchen ist.

8. Sirosiphon Bornetii.

(Taf. VII. Fig. 1—9.)

Wenn man die jüngsten (Fig. 1) und die entwickeltsten Fadenzustände (Fig. 4. 5) unvermittelt neben einander hat, so sollte man kaum glauben, dass beide in genetischem Zusammenhang stehen könnten, so gross erscheint ihre Differenz in Aufbau und Configuration. Doch lassen sich zwischen beiden Entwickelungsstadien die Mittelglieder (Fig. 2. 3) nachweisen.

In den Jugendstadien bestehen die Fäden aus einer einzigen schmalen Reihe kurz cylindrischer, oder an den Seiten schwach tonnenförmig gerundeter Zellen, deren Membran zunächst nur schwache Verdickung, sowie lebhaft gelbgrüne Färbung zeigt (Fig. 1). Das Wachsthum der Fäden ist ein intercalares; die Theilungen erfolgen in der Richtung des Querdurchmessers der Zellreihe. In diesem Jugendstadium findet bereits die Entwickelung von meist einseitig inserirten Seitenzweigen statt, und zwar nach dem bekannten, für alle Sirosiphoneen charakteristischen Modus.

In einem weiteren Stadium (Fig. 2) treten an jenen Fäden augenfällige Veränderungen auf. Die Zellen der Haupt- und Seitenachsen verdicken nämlich ihre Membranen. Gleichzeitig erfolgt eine starke Quellung letzterer, vorwiegend an den Flanken der Zellen, infolge deren der Querdurchmesser der Fäden etwa um das zwei- bis vierfache zunimmt. Dabei gewinnt die Membranfärbung meist noch an Intensität. Ferner treten in den Gliedern Theilungen nach verschiedenen Richtungen des Raumes auf. Zunächst theilen sich die Zellen nach vorheriger Streckung in der Querrichtung des Fadens durch eine der Längsachse parallele Querwand in zwei Tochterzellen, von denen mitunter die eine, steril bleibend, zum Heterocysten (Fig. 2*h*) wird. Doch tritt die Heterocystenbildung sehr zurück und ist an manchen Pflanzen gar nicht zu bemerken. Die Tochterzellen theilen sich dann durch eine auf der vorigen stehende Längswand wiederum, so dass jetzt das ganze Segment aus vier Zellen besteht. Später können sich diese nochmals durch Querwände gliedern, wodurch das ursprüngliche Segment achtzellig wird. Je älter die Fäden werden, desto häufiger finden die Theilungen in einem Segment statt und erfolgen bald längs, bald quer (Fig. 3. 4).

Jede Theilzelle erhält eine besondere, später meist aufquellende Membran. Da die Membranen der Enkelzellen von der Tochterzellmembran, die Tochterzellmembran von der Mutterzellmembran umschlossen bleiben, so kömmt ein deutliches Einschachtelungssystem zu Stande (Fig. 4). Da ferner die Theilstücke sowohl als ihre Membranen sich allmählich abrunden, so tritt auch an den einzelnen Segmenten meistens eine mehr oder minder starke

Abrundung zu Tage (Fig. 4). Bisweilen schreiten die Theilungen in acropetaler Folge am Faden vor, bisweilen in umgekehrter Richtung, in vielen Fällen erfolgen sie gleichzeitig an ganz verschiedenen Fadenstellen.

An dem mir vorgelegenen Material habe ich öfter die Beobachtung machen können, dass die Theilungen in den Segmenten ausserordentlich zahlreich auftreten, so dass riesige, unförmliche Zellencomplexe gebildet werden (Fig. 4. 5). Wenn solche weitgehenden Theilungen die verzweigte Pflanze ihrer ganzen Ausdehnung nach ergreifen, und dabei, wie es gewöhnlich zu geschehen pflegt, starke Vergallertungen der äusseren Membranschichten der Zellen auftritt, so stellt eine solche Pflanze schliesslich einen mächtig entwickelten Gallertstock von unregelmässiger, lappenartiger Form dar. In Fig. 5 ist des Raumes wegen nur ein Stück einer solchen Riesenzoogloea gezeichnet. Nicht immer vergallerten an den Zoogloeenstöcken die peripherischen Membranen bis zu dem Grade, dass ein solch entwickelter Gallertmantel entsteht, wie ihn die eben angezogene Figur darstellt. Häufig ist sogar keine Spur eines solchen zu sehen.

In eben dem Grade, wie der Umstand, dass *Sirosiphon Bornetii* grosse Zoogloeenstöcke bilden kann, dürfte ein anderes Moment interessiren, das sich auf das weitere Verhalten dieser Stöcke bezieht.

Die Zoogloeenstöcke zerfallen nämlich im Laufe der Zeit in grössere oder kleinere Zellcomplexe. Dies geschieht einmal in der Weise, dass sich ganze Zweige von der Mutterpflanze ablösen, andererseits in dem Wege, dass sich einzelne Segmente oder Segmentcomplexe der Haupt- und Seitenachsen von einander trennen.

Diese Abtrennung beruht auf dem rein mechanischen Vorgange, dass sich einzelne Zellen, Segmente oder Segmentcomplexe, an der Stelle, wo sie aneinandergefügt sind, gegen einander abrunden. Diese Abrundung ist eine nothwendige Folge der Spannung der äusseren Hüllmembranen durch die in ihrem Innern vor sich gehende fortgesetzte Theilung und Membranbildung.

An Zoogloeen, wo die Theilungen in den Segmenten schon sehr weit vorgeschritten sind, lassen sich die Stellen, wo die Isolirung erfolgen wird, im Voraus bestimmt bezeichnen. So ist es klar, dass in Fig. 5 der einen Seitenzweig darstellende Complex *A* sich bei *a*, Complex *B* sich vom Complex *C* bei *b*, Complex *D* sich bei *d* ablösen wird. Ebenso wird sich in Fig. 4 Complex *A* bei *a*, *B* bei *b*, *C* bei *c*, *D* wahrscheinlich bei *d*, *E* bei *e* ablösen. In ähnlicher Weise lässt sich genau bezeichnen, wo in Fig. 3 die als Kurzzweige auftretenden Zellcomplexe sich trennen werden.

Nach der Trennung bleiben die Zellcomplexe noch der ursprünglichen Anordnung gemäss neben einander liegen, bis später eine gegenseitige Verschiebung erfolgt.

Die Zoogloeabildung erfasst durchaus nicht immer alle Theile der Pflanze gleichzeitig. Es scheint vielmehr Regel zu sein, dass die Endtheile der Fäden und ihrer Seitenzweige, sowie die kurzen Seitenäste am ehesten zu einer ausgeprägten Zoogloeabildung gelangen (Fig. 3).

In den von mir untersuchten Aufsammlungen der Alge[1] fand ich die abgelösten Zoogloeenfragmente in grosser Menge.

---

[1] Rabenhorst, Algendecaden. No. 3529. Von Wolle in Bergschluchten Pennsylvaniens an Felswänden gesammelt.

Da sie bald intercalar, bald terminal, bald als kurze, bald als längere, hier als regelmässig rundliche, dort als unregelmässig geformte eckige Theile entstehen, so müssen sie natürlich im isolirten Zustande zunächst entsprechende Formen aufweisen (Fig. 7. 8. 9). Später aber werden dieselben allmählich verändert und zeigen im Allgemeinen das Bestreben sich zu runden, was namentlich bei starker Vergallertung der peripherischen Membranschichten der Fall ist (Fig. 7. 9). Solchen gerundeten, oft vollkommen sphärischen Fragmenten sieht man ihren Ursprung von einem Sirosiphon kaum noch an, zumal wenn an ihren Membranen auffällige Verfärbungen eingetreten sind.

Solange nämlich die Zoogloeencomplexe noch in Verband stehen, zeigen ihre Membranen die beschriebene glänzend gelbgrüne Färbung (Fig. 3); später aber nehmen sie, wie das überhaupt bei Spaltalgen häufig ist, andere Farbentöne an, die zunächst ins Gelblichröthliche (Fig. 5) oder Olivengrüne, dann ins leuchtend Rothbraune, schliesslich sogar ins Violette gehen können. Nur als Ausnahme tritt ein gänzliches Ausblassen der Membranfarbe auf. Isolirte Zoogloeenstöcke zeigten fast ausschliesslich die Rothbraun-Färbung.

Wenn innerhalb der Mutterhüllen die Tochterzellen sich fort und fort theilen und immer neue Membranhüllen erzeugen, so muss natürlich ein Zeitpunkt eintreten, wo die Mutterhüllen dem von den Tochtercolonieen ausgeübten Druck nicht länger zu widerstehen vermögen. Jene platzen dann und diese isoliren sich nunmehr.

Wir haben soeben die Zoogloeen des *Sirosiphon Bornetii* als Endproducte der vegetativen Entwickelung kennen gelernt. Es frägt sich nun: Was wird aus den Zellen dieser Zoogloeen? Sind sie fähig, unmittelbar wieder zu Fäden auszuwachsen, oder müssen sie erst einen Dauerzustand eingehen?

Auf diese Fragen ist zu antworten, dass die Zoogloeazellen unter gewissen Verhältnissen unmittelbar zu Fäden auswachsen, dass sie andererseits aber auch Dauersporen bilden können. An sehr entwickelten Zoogloeen wurden junge durch Theilung der Zoogloeazellen entstandene Fäden gesehen (Fig. 5 *e, f*). Die Dauersporenbildung erfolgt in dem Wege, dass sich die Zellen der Zoogloea je mit einer dicken braunrothen, bisweilen granulirten Haut umgeben (Fig. 9). Oft liegen die Sporen zu Paaren bei einander und platten sich dann an der Berührungsfläche etwas ab.

Es wird dem Kenner aus meinen Zeichnungen sofort ersichtlich geworden sein, dass die Zoogloeenzustände des *Sirosiphon Bornetii* schon im Fadenverbande, noch mehr im isolirten Zustande eine ganz auffällige Aehnlichkeit mit denjenigen *Chroococcaceen*-Formen zeigen, welche dem Genus *Gloeocapsa* angehören. Und in der That sind die Zoogloeaformen des Sirosiphon schon seit längerer Zeit als eine typische und zugleich als die schönste *Gloeocapsa*, als *Gl. Itzigsohnii* Bornet bezeichnet worden.

Wir haben hier also den interessanten Fall, dass ein typischer Repräsentant der Chroococcaceen-Gattung *Gloeocapsa* das Endproduct der Entwickelung eines *Sirosiphon* darstellt.

Durch dieses Resultat dürfte die Wahrscheinlichkeit nahe gelegt werden, dass auch noch andere Gloeocapsen blosse Entwickelungsstadien von *Sirosiphoneen* darstellen.

Nachträgliche Anmerkung. Während des Druckes der letzten Bogen dieser Abhandlung habe ich für die Formwandlungsfähigkeit der Spaltalgen und für meine Ansicht

von der Unselbständigkeit der Chroococcaceenformen einen weiteren interessanten Anhaltspunkt gewonnen.

Es handelt sich um eine blaugrüne Alge, die ich im August auf einem See (beim Dorfe Speck in Pommern) auffand, und die daselbst eine reichlich auftretende, die Fische tödtende, Wasserblüthe verursachte. Sie dürfte etwa in die Nähe von *Limnochlide flos aquae* gehören. Ausgezeichnet ist der Fadenzustand der Alge durch Bildung grosser, höchst regelmässiger Spiralen, wie sie meines Wissens noch bei keiner Wasserblüthe gesehen wurden.

Ihre Entwickelung zur Chroococcaceenform geht in der Weise vor sich, dass die anfangs gestreckt cylindrischen Zellen sich durch fortgesetzte Quertheilung in niedrige Scheiben gliedern. In den Scheiben treten sodann Längswände (parallel zur Fadenachse) auf, durch welche sie in kleine Stücke gegliedert werden. Anfangs von eckiger Form runden sie sich später zu Coccen ab. Durch fortgesetzte Zweitheilung sich vermehrend bilden sie grössere Coccencolonieen. Diese stimmen nun auf das Vollständigste überein mit einer Polycystis! Sie dürften als *P. ichthyoblabe* KÜTZ. beschrieben sein. Ich werde die Entwickelungsgeschichte an der Hand von Abbildungen demnächst ausführlicher zur Darstellung bringen.

Resultate und Schlüsse.

Das Hauptergebniss der vorliegenden Untersuchungen besteht in dem Nachweis, dass in den Entwickelungsgang von Spaltalgen (aus den Gruppen der *Oscillarieen*, *Scytonemeen* und *Sirosiphoneen*) Zustände hineingehören, welche den Coccen-, Stäbchen- und Schraubenformen der Spaltpilze morphologisch aequivalent sind und Zoogloeen zu bilden vermögen.

Schon in den Fadenzuständen gewisser Spaltpilze und Spaltalgen liegt bekanntermassen eine gewisse morphologische Aehnlichkeit ausgesprochen, auf Grund deren COHN und SACHS beide Gruppen zu einer einzigen grossen Familie der Spaltpflanzen (Schizophyten) vereinigten, und auch von anderer Seite, z. B. seitens NÄGELI's, die nahe Verwandtschaft beider mehr oder minder betont wurde.

Nach meinen Untersuchungen über *Cladothrix*, *Beggiatoa* und *Crenothrix* einerseits und die hier behandelten Spaltalgen andererseits muss diese Aehnlichkeit in den Fadenzuständen beider Gruppen jetzt noch evidenter erscheinen: *Glaucothrix* darf gewissermassen als eine grüne *Cladothrix*, *Chamaesiphon* als eine grüne *Crenothrix*, *Gliothrix* als ein grünes *Bacterium* (z. B. *B. cyanogenum*) aufgefasst werden.

Durch die Eruirung der Thatsache, dass beiden Gruppen dieses eben berührte wichtige Entwickelungsmoment gemeinsam ist, tritt die morphologische Gleichartigkeit derselben offenbar noch allseitiger und schärfer hervor, und man darf wohl in Rücksicht auf diesen Punkt die COHN-SACHS'sche Auffassung nunmehr als eine durchaus berechtigte und wissenschaftlich gesicherte bezeichnen.

Die Ermittelung, dass die Spaltalgen Zoogloenformen zu bilden im Stande sind, beweist ausserdem, dass die Erzeugung solcher Entwickelungszustände eine weit allgemeinere Erscheinung in der Klasse der Algen darstellt, als man bisher nach den wenigen, nur an Chlorosporeen und einer Phaeosporee von CIENKOWSKI beobachteten Fällen annehmen durfte.[1]

---

[1] Die morphologische Aehnlichkeit der Gallertzustände der Spaltalgen mit den Zoogloeen der Spaltpilze erheischt eine Einheitlichkeit in der Bezeichnung dieser Zustände; daher habe ich im Text auch für die Spaltalgen überall den Ausdruck „Zoogloeaform“ in Anwendung gebracht, obwohl für andere Algen die CIENKOWSKI'sche Bezeichnung „Palmellenform“ gebräuchlich ist. Wendet man aber einmal für die gesammten Schizophyten den Ausdruck „Zoogloeaform“ an, so dürfte es sich empfehlen, ihn auch für die Gallertzustände der höheren Algen zu adoptiren und den Ausdruck „Palmellenform“ ganz fallen zu lassen im Interesse terminologischer Vereinfachung.

Von besonderer Wichtigkeit erscheint der Umstand, dass die Zoogloeenzustände der von mir untersuchten Spaltalgen typische Chroococcaceenformen (in einem Falle Nostocartige Formen) darstellen.

Da mir beliebige durch den Zufall gebotene, also nicht etwa erst besonders ausgewählte Spaltalgen dieses Resultat lieferten, so liegt die Wahrscheinlichkeit nahe, dass auch andere fädige Spaltalgen, namentlich die feinfädigen, Chroococcaceenformen oder Nostocformen produciren. Es kommt also jetzt darauf an, das ganze artenreiche Gebiet der Spaltalgen nach diesem Gesichtspunkte entwickelungsgeschichtlich genau durchzuarbeiten.

Die schon seit längerer Zeit stagnirende Erforschung der Spaltalgen erhält somit einen neuen wichtigen Impuls.

Voraussichtlich werden die im bezeichneten Sinne vorzunehmenden Untersuchungen zu einer gänzlichen Eliminirung oder doch zu einer starken Reduction der Nägeli'schen Chroococcaceen-Gruppe führen, vielleicht auch zu sonstigen Aenderungen im System der Spaltalgen Veranlassung geben. Ich selbst werde mich bemühen, das erschlossene Feld nach der gegebenen Idee weiter auszubauen; die volle Lösung der Aufgabe wird selbstverständlich nur durch die vereinte Kraft Vieler erreicht werden und jedenfalls Decennien in Anspruch nehmen.

Auch nach der lichenologischen Seite hin kann die dargelegte Idee zu Untersuchungen anregen. Bekanntlich liefern ja auch Spaltalgen aller Gruppen, mit Ausnahme der Oscillarieen, Flechtengonidien. Es wird also z. B. darauf ankommen, zu ermitteln, ob nicht auch im Flechtenthallus Fadenzustände der Spaltalgen zur Chroococcaceenbildung schreiten und umgekehrt.

Die Zoogloeenbildung bezeichnet immer das Endstadium der vegetativen Entwickelung. Sie tritt bei der untersuchten Artenreihe in zweierlei Form, als Nostocform und als Chroococcaceenform auf.

Die Nostocform wurde an einer *Tolypothrix* beobachtet. Sie kommt dadurch zu Stande, dass Fadenstücke (Hormogonien) aus der Scheide austreten, sich mit Gallerthülle umgeben und durch fortgesetzte Zweitheilung wachsen, wobei starke Krümmungen des Fadens auftreten.

Die Chroococcaceenform wurde beobachtet:

1) an *Oscillarieen (Oscillaria leptothricha*, zwei unbestimmbaren Oscillarien, *Chamaesiphon crenothrichoïdes* und einer Limnochlide-artigen Alge.
2) an *Scytonemeen (Glaucothrix gracillima* und *Scytonema fecunda)*,
3) an *Sirosiphoneen (Sirosiphon Bornetii* und *Phragmonema sordidum)*.

Stäbchenartige Chroococcaceenformen finden sich:

1) bei *Oscillarieen (Oscillaria leptotricha, Gliothrix tenerrima)*,
2) bei *Scytonemeen (Scytonema fecunda, Glaucothrix gracillima)*.

Micrococcenartige Chroococcaceenformen werden erzeugt von:

1) *Glaucothrix gracillima*,
2) *Phragmonema sordidum*,
3) *Sirosiphon Bornetii*,
4) *Chamaesiphon crenothrichoïdes*,
5) *Gliothrix tenerrima*.
6) Von der Limnochlide-artigen Alge.

Die Nostocform der *Tolypothrix* entspricht der Myconostocform der Spaltpilze, die Micrococcenzoogloea der Spaltalgen der Micrococcenzoogloea der Spaltpilze, die Stäbchenzoogloea der Stäbchenzoogloea der letzteren.

In der vorausgegangenen Spaltpilzarbeit wurde der Nachweis geführt, dass die Theilstücke dieser Spaltpilze, mögen sie nun Micrococcen-, Stäbchen- oder Schraubenformen darstellen, in den Schwärmzustand übergehen können.

Bei der Aehnlichkeit der Spaltalgen mit jenen Spaltpilzen lag die Möglichkeit nicht allzufern, dass auch die Spaltalgen, wenigstens die hydrophyten, Schwärmzustände bilden. Allein an den von mir untersuchten Spaltalgen liess sich trotz aller Bemühungen keine derartige Beobachtung machen, mit Ausnahme von *Gliothrix tenerrima*, dessen Coccen Schwärmfähigkeit zeigen, und einer in die Verwandtschaft von *Polycystis* gehörigen Chroococcaceenform, die gleichfalls ein Schwärmstadium besitzt. Mit diesen Beobachtungen harmonirt eine bereits früher von Reinke [1] gemachte Mittheilung, dass eine Merismopoediaform Schwärmer erzeuge und die Mittheilung Engelmanns [2] und Van Tieghems [3] von einem chlorophyllgrünen schwärmenden Bacterium. Durch die Thatsache der Schwärmerbildung wird offenbar das Verwandtschaftsband zwischen Spaltpilzen und Spaltalgen noch fester geknüpft. Für die aërophyten Spaltalgen ist es a priori nicht unwahrscheinlich, dass ihnen die Schwärmerbildung theilweis oder gänzlich fehlt. Von den hydrophyten Repräsentanten der Gruppe scheinen die meisten nur unter ganz besonderen Verhältnissen, schwärmfähige Zellen zu bilden, denn sonst würden die zahlreichen Algenforscher sie doch sicher hin und wieder bemerkt haben. Jetzt, wo die Chroococcaceenformen sicher ein lebhafteres Interesse gewinnen werden, ist übrigens zu hoffen, dass man die in Frage stehenden Stadien auch noch bei anderen Spaltalgen ermitteln wird.

Infolge ihrer Entstehung als Theilstücke eines (meist bescheideten) Fadens zeigen die Zellchen der Chroococcaceenform anfangs nicht gerundete Gestalt, sondern sie stellen (wie es namentlich bei *Phragmonema* schon zu sehen) eckige Körper oder wie bei Oscillaria leptotricha Cylinder mit planen Endflächen dar. Erst später, nach dem Freiwerden aus dem Fadenverband, tritt eine allmähliche Abrundung ein, und die Zellchen erscheinen nunmehr in ganz anderer Gestalt als früher. Sie werden durch jenen Abrundungsprocess den ursprünglichen Zellen des Mutterfadens so unähnlich, dass derjenige, der die Uebergänge nicht beobachtete, nichts von ihrem genetischen Zusammenhange mit den betreffenden Fadenzuständen ahnen würde. Als ein weiteres Moment kömmt dann die Verdickung und Vergallertung der Membran hinzu, die so weitgehend und so charakteristisch werden kann, dass dadurch der Ursprung der Zellchen nur noch mehr verwischt wird.

Bei den bisher untersuchten Formen entsteht die Chroococcaceen-Zellform in der Mehrzahl der Fälle im Mutterfaden selbst, mag er nun bescheidet oder nackt sein. So bei den beobachteten *Oscillarien*, *Glaucothrix*, *Phragmonema*, *Chamaesiphon* und *Sirosiphon*. Bei *Scytonema fecunda* dagegen findet der Chroococcaceen-Bildungsprocess erst ausserhalb des Mutterfadens, an den aus demselben herausgetretenen Hormogonien statt.

Was die physiologische Bedeutung der Chroococcaceen- und Nostoc-Zoogloeen betrifft, so sind sie offenbar nur Adaptationsformen.

---

[1] Ueber Phyllitis, Scytosiphon und Asperococcus. Pringsh. Jahrb. Bd. XI.
[2] Zur Biologie der Schizomyceten; Bot. Zeit. 1882. No. 20. [3] l. c.

In den Culturen legten sich die Fäden immer dicht den Wandungen der Glasgefässe an. Wenn dann das Nährmedium sehr allmählich verdunstete, so trat an den Stellen der Wandung, die mit der Luft in Berührung kamen, auch bald die Zoogloeabildung auf und schritt in dem Masse, als das Wasser sank, nach abwärts vor. Es scheint also hiernach ein sehr allmähliches Austrocknen der Culturen der Zoogloeabildung förderlich zu sein.

Reichliche Mengen von Glaucothrix wurden in einer verschlossenen Flasche in einer geringen Quantität gewöhnlichen Wassers etwa dreiviertel Jahre gezüchtet. Die Verdunstung war in diesem Falle verhindert, aber trotzdem bildeten sich im Laufe dieser Zeit reichlich Zoogloeen der Alge. Es scheint also, als ob eine durch lange Vegetation hervorgerufene Verschlechterung des Substrats, wie sie hier offenbar vorlag, den gleichen Effect bezüglich der Chroococcaceenbildung hervorzurufen vermag, wie allmähliches Austrocknen.

Cienkowski hat für die Zoogloeenbildung der von ihm untersuchten chlorophyllgrünen Algen ähnliche Bedingungen gefunden.

Künftige Untersuchungen über die Chroococcaceenbildung der Spaltalgen werden diese Bedingungen besonders im Auge behalten müssen, da von ihrer Berücksichtigung in einzelnen Fällen der ganze Erfolg abhängig ist.

Es sei übrigens mit besonderer Betonung darauf hingewiesen, dass die Zoogloeenbildung bei *Gliothrix tenerrima* nicht von den genannten Bedingungen abhängig zu sein scheint.

Anm. Ich will hier noch bemerken, dass ich in dieser Abhandlung den Begriff Hormogonien in einem etwas anderen Sinne angewandt habe, als man es bisher nach dem Vorgange Bornet's gethan hat. Letzterer fasst den Begriff so, dass er darunter Fadenstücke bescheideter Spaltalgen versteht, welche im ein- oder mehrzelligen Zustande aus den Scheiden austreten. Ich selbst verstehe darunter Fadenfragmente bescheideter sowohl als nicht bescheideter Spaltalgen. Die Begriffe „Micrococcusform“ und „Stäbchenform“ sind dem Begriffe „Hormogonium“ in meinem Sinne nicht etwa coordinirt, sondern vielmehr subordinirt; denn die Hormogonien können aus Stäbchen sowohl, als aus Micrococcen bestehen. Mitunter gehen die Zellen der Hormogonien erst durch weitere Quer- und Längstheilungen in Micrococcen über, wie z. B. bei *Phragmonema.*

Zum Nachweis der Chroococcaceenbildung wurden zwei verschiedene Wege gewählt. Ich studirte zunächst den regressiven Gang der Entwickelung, der von der Fadenform zur Chroococcaceenform führt und sodann den progressiven, der die umgekehrte Richtung einschlägt. Der letztere bietet viel grössere Schwierigkeiten, als der erstere. Es liegt dies in dem Umstande begründet, dass die Bedingungen, unter denen die Auskeimung erfolgt, im Allgemeinen schwer zu treffen sind. Diese Schwierigkeit möge es entschuldigen, wenn meine Versuche den zweiten Weg einzuschlagen nur bei drei Objecten (*Glaucothrix gracillima*, *Phragmonema sordidum* und *Gliothrix tenerrima*) zu einem positiven Resultate führten. Wenn auch die betreffs der Entstehungsweise der Chroococcaceen erlangten Resultate durch dieses negative Ergebniss in keiner Weise alterirt werden, so hätte ich doch gern der Vollständigkeit wegen den progressiven Ent-

wickelungsgang für alle untersuchten Objecte festgestellt. Durch spätere Untersuchung hoffe ich diese Lücke auszufüllen.[1]

[1] Die Publikation meiner Spaltalgen-Resultate im Botanischen Centralblatt hatte zur Folge, dass mir Herr Dr. NORDSTEDT durch Herrn WILLE freundlichst eine Publication WOLLE's [1] zugehen liess, aus der ich ersehe, dass der Letztere für ein *Scytonema* und einen *Nostoc* einerseits, sowie für ein *Sirosiphon* und eine *Gloecapsa* andererseits gleichfalls einen genetischen Zusammenhang gefunden hat. Nach meinen eigenen Untersuchungen halte ich die WOLLE'schen Beobachtungen für richtig, wenn auch seine Abbildungen etwas flüchtig erscheinen. Nur möchte die Angabe, dass auch eine *Microcystis* in den Entwickelungsgang eines Gloecapsa erzeugenden Sirosiphon gehört, wohl mit Vorsicht aufzunehmen sein.

[1] A nostoc the Matrix of Scytonema (Monthly Microscop. Journ. March. 1880). — Dubious Character of some of the genera of fr. wateralgae. (Americ. Quart. Microsc. Journ. April 1879.)

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Cladothrix dichotoma (Cohn).

Fig. 1. Ein Vallisneria-Blattstück von dichten Cladothrix-Räschen überzogen.

Fig. 2. 70/1 Gruppe von Cladothrixpflanzen auf einem Vaucheriaschlauch sitzend. *A.* Baumförmig verzweigtes schön entwickeltes Exemplar mit gewöhnlichen Zweigen. *B.* Baumförmig verzweigtes Exemplar mit spiralig gewundenen Zweigen. *C.* Leptothrixartige Exemplare.

Fig. 3. 70/1 Cladothrixflanze mit schraubelartiger Verzweigung.

Fig. 4. 250/1 Mehrfach verzweigte Cladothrixpflanze mit stark entwickelter Gallertscheide. Die Zweige *abcd* wachsen nicht nur an ihrem Ende, sondern auch an der Basis *e* weiter, mit dem Hauptfaden ein X bildend.

Fig. 5. 540/1 Cladothrixpflanze, deren Stäbchen bereits in Micrococcen zerfallen sind, die zum Theil (bei *a*) noch an ihrer Lagerung die Grösse der ursprünglichen Stäbchen erkennen lassen, bei *b* dieselbe aber nicht mehr zeigen, bei *c* in zwei Reihen liegen. Die Scheide des Fadens ist hier entsprechend erweitert.

Fig. 6. 1000/1 Fragment einer Cladothrixpflanze. Man erkennt an der Lagerung der Micrococcen die ursprüngliche Lagerung ihrer Mutterstäbchen mit besonderer Deutlichkeit.

Fig. 7. 900/1 Ein Micrococcushäufchen (*a*), das ich aus der Cladothrixscheide austreten sah. Nach 24 Stunden waren die Micrococcen zu neuen Stäbchen entwickelt (*b*).

Fig. 8. 900/1 *a* Micrococcushäufchen, das nach dreimal 24 Stunden die bei *b* gezeichneten Langstäbchen entwickelte.

Fig. 9. 900/1 Stäbchen aus einer ähnlichen Cultur im Schwärmzustande.

Fig. 10. 900/1 Eine aus einem Micrococcushäufchen hervorgegangene Colonie von ziemlich langen und kürzeren Stäben.

Fig. 11. 12. 900/1 Stäbe aus derselben Cultur *a* vor, *b* nach der Behandlung mit Pikrinschwefelsäure, im letzteren Falle die Gliederung in Stäbchen deutlich zeigend.

Fig. 13. 900/1 Aehnlicher Stab *a* vor, *b* nach der Behandlung mit Pikrinschwefelsäure, eine Gliederung in ziemlich kurze Stäbchen zeigend.

Fig. 14. 900/1 Leptothrixartige Fäden. *a* ist theils in sehr kurze Stäbchen, theils in Coccen, *b* bereits in Micrococcen gegliedert.

Fig. 15. 900/1 *a* Leptothrixfaden in Wasser betrachtet, scheinbar ungegliedert. *b* derselbe in Pikrinschwefelsäure, nunmehr deutliche Gliederung in längeren Stäbchen zeigend.

Fig. 16. 900/1 Leptothrixfaden mit gebräunter deutlicher Gallertscheide aus der eben eine Stäbchenreihe austritt. *a* steckengebliebene abgestorbene Stäbchen.

Fig. 17. 900/1 Fadenstück nach Behandlung mit Schwefelsäure, die Scheide zeigt zwischen den getrennten Stäbchen bauchige Auftreibungen.

Tafel II.

Cladothrix dichotoma (Cohn).

Fig. 1. 540/1 Verzweigte bescheidete Pflanze mit Fuchsin gefärbt; *a b c d* Seitenzweige auf verschiedener Entwickelungsstufe. Zweig *d* mit dem Faden ein x bildend. Hauptfaden wie

Seitenzweige an der Basis in Langstäbchen gegliedert, die nach der Spitze zu immer kürzer, fast micrococcusartig werden. Zweig *d* am gebogenen Grunde Micrococcen-Gliederung zeigend.

Fig. 2. 1000/1 Verzweigte Pflanze mit weitgehender Coccenbildung. In der Lagerung der Coccen sieht man noch die ursprüngliche Stäbchenform angedeutet; bei *d* in lebhafter Zweitheilung begriffene bereits unregelmässige Form annehmende Coccengruppen.

Fig. 3. 1000/1 Entleerte Scheiden einer verzweigten Pflanze. An dem Ende der Scheiden einige Gruppen der ausgetretenen Coccen.

Fig. 4—11. 540/1 Continuirliche Beobachtung. Fig. 4; 4 Uhr. Stück einer verzweigten Cladothrixpflanze. *A* Hauptfaden, *B* Seitenzweig, der mit jenem ein x bildet. Er zeigt an den drei durch Pfeile bezeichneten Stellen schwache Einknickungen, welche vom Zweigende drei stabförmige Stücke *a b* und *c* abgliedern.

Fig. 5. Dasselbe Object um 4 U. 10 M. Die drei Einknickungen sind stärker geworden. Das von den drei Stäben *a b c* gebildete Zweigstück schwankte mit seinem Ende deutlich hin und her und löste sich dann (bei *m*) ganz vom Zweige ab.

Fig. 6. Das Fadenstück *a b c* um 4 U. 15, soeben vom Zweig abgelöst; es schwärmt mit energischen Bewegungen auf derselben Stelle hin und zurück und hat an beiden Enden einen deutlichen Strudel, also Cilien.

Fig. 7. Dasselbe Object um 4 U. 25. Die Stäbe *a* und *c* stärker gegen einander gekrümmt.

Fig. 8. 4 U. 30. Stab *c* hat sich soeben abgelöst und bereits an jedem Pole einen Strudel (also eine Cilie). Auch Stab *b* hat an der Trennungsstelle von *c* einen Strudel bekommen und schwärmt, mit *a* noch verbunden, auf derselben Stelle hin und zurück.

Fig. 9. 4 U. 40. Stab *b*, soeben in zwei Tochterstäbe zerfallen.

Fig. 10. 4 U. 50. Stab *a* und *b* bildete jetzt eine gerade Linie.

Fig. 11. 5 U.; *a* soeben abgeknickt, an beiden Polen Cilien zeigend und lebhaft schwärmend; *b* jetzt gleichfalls an beiden Polen Strudel zeigend und schwärmend.

Fig. 12. 900/1 Stück einer verzweigten Pflanze. *A* Hauptfaden, der seine theils langstäbchen- theils kurzstäbchenförmigen Zellen bereits der Mehrzahl nach entleert hat. *a.* stecken gebliebene bereits abgestorbene Glieder. Zweig *B* am Grunde x-förmig gebogen und hier durch fortgesetzte Zweitheilung sich verlängernd. Aus seinem oberen Ende sind die Stäbchen zum Theil schon ausgetreten.

Fig. 13. 540/1 Cladothrixpflanze mit Spiralzweigen. Der links abgehende hat Spirillenform, der rechts abgehende bei *a* und *b* Spirulinenform.

Fig. 14. 540/1 Abgelöster Spiralzweig, an der Basis *a* spirillen-, an dem oberen Theile *b* vibrionenartig gewunden.

Fig. 15 *A*. 540/1 Spirillenartiger Seitenzweig, abgelöst, an dem einen Ende schön regelmässig, am anderen minder reguläre Windungen zeigend.

Fig. 15 *B*. 540/1 Abgelöster schraubiger Seitenzweig, am unteren Ende *a* mehr Spirillum-, am oberen mehr spirochaetenartig. Das Ende *a* deutliche Gliederung in z. Th. schon in der Auskeimung zu Stäbchen befindliche Coccen zeigend.

Fig. 16. 540/1 Spirochaetenartiger abgelöster Zweig mit vielen Windungen.

Fig. 17. 540/1 Kurzer, spirochaetenartiger Seitenzweig.

Fig. 18. 540/1 Fadenstück mit Coccenbildung *m*. Die Coccen haben durch Zweitheilung eine schmale Zoogloea gebildet. Bei *b* sind einige bereits zu Stäbchen, bei *c* einige zu leptothrixartigen Fäden ausgewachsen.

Tafel III.

Cladothrix dichotoma. — Sumpfspirochaete. — Myconostoc gregarium.

Fig. 1. 600/1 Gruppe von gewundenen Fäden, die aus Coccen der Cladothrix erwachsen, noch in deren Scheide stecken. Die Schrauben lösten sich bei *x* ab und schwärmten.

Fig. 2. 540/1 Ein solcher Schwärmer, *a* unmittelbar nach der Ablösung, schwärmend, *b* derselbe nach der Abtödtung mit Pikrinschwefelsäure.

Fig. 3. 4. 540/1 Ein eben solcher Schwärmer 3 vor, 4 nach dem Zerknicken in zwei Theilschrauben.
Fig. 5. 540/1 Fadenstück von Cladothrix (Schwärmer) nach Abtödtung mit Pikrinschwefelsäure, Gliederung in Kurzstäbchen zeigend.
Fig. 6. 540/1 Ein ähnliches Stück, Gliederung in Coccen zeigend.
Fig. 7. 540/1 Schraubenzweig von Cladothrix in Spirillenform, Stück *a* hat sich eben vom Stück *b* abgelöst und zeigt an dem einen Pole eine Cilie.
Fig. 8. 980/1 Baumförmige Zoogloea der Cladothrix (Zoogloea ramigera) mit Coccen resp. Kurzstäbchen.
Fig. 9. 300/1 Ein Ast derselben Zoogloea, dem Aste *a* der letzteren entsprechend; um 12 Uhr Micrococcen resp. Kurzstäbchen noch sämmtlich im Schleim liegend.
Fig. 10. 300/1 Derselbe Ast $^1/_4$ Stunde später. Mehr als die Hälfte der Stäbchen ist bereits ausgeschwärmt.
Fig. 11. 12. 180/1 Gelappte Formen der Zoogloea ramigera. *v* sind Stellen, an denen die Einschlüsse bereits ausgeschwärmt sind. Diese Stellen erscheinen daher als Hohlräume.
Fig. 13. 300/1 Endlappen einer Zoogloea. Die Einschlüsse werden gebildet von kürzeren und längeren, in Zweitheilung begriffenen, theils geraden, theils gekrümmten Stäbchen, die alle Grade der Krümmung von einfacher Bogenform *sp'* bis zur Spirillenform *sp* zeigen. Einzelne der geraden sowohl als der gebogenen und gewundenen Einschlüsse lassen bereits Gliederung in Micrococcen erkennen (bei *a*).
Fig. 14. 540/1 Stück eines Zoogloea-Armes am Ende coccenartige Kurzstäbchen, nach rückwärts längere z. Th. gekrümmte Stäbchen zeigend.
Fig. 15. 540/1 Zoogloeenast mit Einschlüssen der verschiedensten Form und Grösse.
Fig. 16. schwache Vergr. Zoogloeaarm nach längerer (etwa 14tägiger Cultur). Seine Einschlüsse sind zu leptothrix- und cladothrixartigen Fäden ausgewachsen.
Fig. 17. 250/1 Traubenartige Zoogloea vom Character der *Zoogloea Termo* Cohn mit stäbchenförmigen Einschlüssen.
Fig. 18—21. 540/1 Schrauben, aus denen sich durch Vergallertung Myconostoc entwickelt.
Fig. 22. 23. 540/1 Myconostoc mit noch intacten Schrauben.
Fig. 25. 26. 27. 540/1 Zerfall der Schrauben in Stäbchen; in Fig. 25 sind dieselben noch sämmtlich gekrümmt; in Fig 27 z. Th. schon zu geraden Stäbchen gestreckt.
Fig. 24—28. 540/1 Die längeren Stäbe des Myconostoc haben sich in kürzere getheilt, die in Fig. 28 fast micrococcenartig erscheinen.
Fig. 29. 540/1 Spirochaete des Sumpfwassers.
Fig. 30. 540/1 Sumpfspirochaete *a*, vor *b* nach der Behandlung mit Fuchsin, die Stäbchengliederung zeigend.
Fig. 31. 540/1 Spirochaete, *a* vor *b* nach der Behandlung mit Pikrinschwefelsäure.
Fig. 32. 540/1 Sumpfspirochaeten *a*, vor *b*—*d* nach der Behandlung mit Fuchsin. *b* zeigt Gliederung in Langstäbchen, *c* in Kurzstäbchen, *d* in Coccen, die in ihrer Lagerung noch die ursprüngliche Kurzstäbchenform erkennen lassen.
Fig. 33. 900/1 Sumpfspirochaete dickerer Form in Stäbchen gegliedert (nach Behandlung mit Fuchsin).
Fig. 34. 250/1 Gruppe von eisenhaltigen Leptothrixartigen Cladothrix-Fäden. Die braunen Flöckchen sind Eisenoxydhydrat.
Fig. 35—37. 540/1 Fadenstücke, von denen sich mit Sicherheit angeben liess, ob sie zu Cladothrix gehören oder nicht. Sie zeigen Uebergänge von Spirillen- zur Vibrioform.

Tafel IV.

Beggiatoa alba.

Fig. 1. 540/1 Kleine Beggiatoencolonie, aus Fadenzuständen bestehend, auf einer Cladophora-Zelle. Zwei der Fäden (*a* und *d*) zeigen an einer Stelle spiralige Krümmungen, die übrigen

gerade oder nur schwach gebogen. Die Pflanzen *a b* und *c* sind vollständig und zeigen den Gegensatz von Basis und Spitze. An der Basis sind sie deutlich gegliedert und ganz oder fast schwefelfrei, nach der Spitze hin wird die Gliederung allmählich undeutlicher, der Gehalt an Schwefelkörnchen grösser. Hier tritt auch bereits die Micrococcenbildung und eine schwache Erweiterung des Fadens auf. In *e*—*h* sind Fäden dargestellt, von denen nur noch die basalen, der Algenzelle aufsitzenden Stücke vorhanden, während die Endstücke bereits abgeknickt sind.

Fig. 2. 540/1 Ein vollständiger Faden des Spaltpilzes, den Gegensatz von Basis *a* und Spitze *b* deutlich zeigend. Erstere erscheint noch in Langstäbchen gegliedert, während an der erweiterten Spitze bereits Micrococcenbildung eingetreten.

Fig. 3. 540/1 Flexiles Endstücke eines Beggiatoenfadens mit sich beständig verändernder, Spirulinenartiger Schrauben- und Schlingenbildung. Es entspricht dieser Zustand dem in Tab. II, Fig. 13 *a, b* für Cladothrix dargestellten.

Fig. 4—11. 600/1 Scheinbar ungegliederte Fadenfragmente von verschiedener Länge und Dicke und verschiedenem Schwefelgehalt.

Fig. 12. 13. 900/1 Fadenfragmente mit deutlicher Gliederung, grossem Durchmesser und verschiedenem Schwefelgehalt.

Fig. 14—15. 400/1 Fäden, die soeben in längere oder kürzere Stäbchen zerfallen. In Fig. 15 sind die Stäbchen z. Th. (bei *a*) körnchenfrei.

Fig. 16. 900/1 Fadenstück in schwacher Fuchsinlösung, deutliche Gliederung in Lang- und Kurzstäbchen zeigend.

Fig. 17. 900/1 Aehnliches Fragment, man sieht, dass die Kurzstäbchen in niedrige Cylinderscheiben zerfallen sind.

Fig. 18. 900/1 In den Cylinderscheiben sind Längsscheidewände (parallel zur Achse des Fadens) aufgetreten, welche die Scheiben in Micrococcen zerlegen.

Fig. 19. 900/1 Lebendes Fadenstück mit deutlicher Micrococcenbildung.

Fig. 20. 900/1 Aehnliches Fadenstück. Die Micrococcen sind bereits in Theilung begriffen und bilden den früheren Stäbchen in der Lagerung entsprechende Häufchen, die sich bereits zu trennen beginnen.

Fig. 21. 900/1 Micrococcenhäufchen, welche sich bereits getrennt haben, aber in ihrer Lagerung noch die ursprüngliche Fadengestalt andeuten.

Fig. 22. 900/1 Die Fadengestalt verwischt sich hier schon, da die Micrococcenhäufchen in Folge der Theilung der Zellchen unregelmässig zu werden beginnen.

Fig. 23. 250/1 Micrococcenzoogloea, einen Cladophorafaden ganz einhüllend.

Fig. 24. 900/1 Eine kleine Micrococcenzoogloea. Einige der Micrococcen in Zweitheilung begriffen.

Fig. 25. 900/1 *a* Schwärmende Micrococcuszelle. Die Geissel wird durch den Strudel angedeutet. *b* In Theilung begriffene Micrococcuszelle an beiden Polen mit Cilie versehen, *c* dieselbe einige Secunden später, die Theilung ist beendet. *d e* Stäbchenformen aus Micrococcen hervorgegangen, im Schwärmzustande. *f* Gekrümmtes Stäbchen mit Spirillenartiger Bewegung.

Fig. 26. 540/1 Gruppe von vier vollständigen Pflanzen, die mehr oder minder stark gekrümmt sind, *a* schön spiralig gewunden.

Fig. 27. 540/1 Ein Faden, der am Ende eine starre Spirale trägt, die sich bei *s* abgliederte und fortschwamm.

Fig. 28. 540/1 Eine ähnliche Spirale unmittelbar nach der Ablösung.

Fig. 29. 540/1 Spiraliges Fadenstück mit nicht ganz gleichmässigen Windungen, im Begriff bei *a* zu zerfallen in drei Spirillen.

Fig. 30. 540/1 Aehnliches Fadenstück. Bei *a* Gliederungsstelle.

Fig. 31—33. 540/1 Schwärmende Schrauben von verschiedener Fadendicke.

Fig. 34. 540/1 Schwärmende Schraube bei *a* in zwei zerfallend.

Fig. 35. 540/1 *a* und *b* Die beiden Theilstücke der letzteren.

Fig. 36—40. 540/1 Verschiedene Schraubenstücke, theils schwärmend, theils ruhend.

Tafel V.

Beggiatoa roseo-persicina Zopf.

Fig. 1. 2a. 2b. 300/1 Fadenzustände auf verschiedenen Entwickelungsstufen.

Fig. 3a. 3b. 900/1 In Coccen gegliederte Fäden. Die Coccen am oberen Ende von Fig. 3b beginnen sich bereits gegen einander abzurunden und sich zu trennen, die vom oberen Ende der Fig. 3a sind bereits theilweis in der Isolirung begriffen, während der untere Fadentheil noch die Fadenform zeigt.

Fig. 4. 900/1 Ein Fadenfragment, in welchem die Coccen sich bereits durch Zweitheilung vermehrt haben. Das Fadenfragment erhält hierdurch den Charakter einer schmalen Zoogloea. Die vier Coccengruppen entsprechen offenbar vier früheren Stäbchen des Fadens.

Fig. 5. 900/1 Ein Fadenfragment, dessen Coccen bereits in Folge fortgesetzter Zweitheilung eine Zoogloea-Colonie darstellen, am unteren schmäleren Ende ist die ursprüngliche Fadenform durch die Lagerung der Coccen noch angedeutet, das obere dagegen zeigt schon ganz den Character einer breiteren Zoogloea.

Fig. 6. 900/1 Colonie aus etwas grösseren, mit je einen stark lichtbrechenden Schwefelkorn versehenen Coccen gebildet, von unregelmässiger Form.

Fig. 7. 900/1 Coccen-Colonie von rundlicher Form.

Fig. 8. 500/1 Verzweigte lappige Colonie aus kleineren Coccen gebildet.

Fig. 9. 900/1 Colonie grösserer Coccen, die je drei bis vier Schwefelkörner zeigen.

Fig. 10. 900/1 Colonie von Schwärmern. Sie stellen grössere Coccen mit mehreren Schwefelkörnchen versehen dar. Solche Colonien rotiren lebhaft um ihre Achse. Die Cilien durch Strudel angedeutet.

Fig. 11. 900/1 Colonie grösserer, dicht zusammengelagerter Coccen. Die freie äussere Fläche der Coccen zeigt stark vergallerte Membranen, die zu einer gemeinsamen dicken Gallerthülle verschmolzen sind.

Fig. 12. 900/1 Eine gleichfalls aus Macrococcen gebildete zusammengesetzte Colonie mit sehr stark entwickelter Gallerthülle.

Fig. 13. 250/1 Netzförmige Coccencolonie (Clathrocystisform).

Fig. 14. 900/1 Gruppe grosser Coccen, durch gegenseitigen Druck z. Th. eckig.

Fig. 15. 900/1 Gruppe noch grösserer Coccen, die theils kugelige, theils kurz ellipsoïdische Form zeigen.

Fig. 16. 900/1 Kleine Gruppe noch grösserer Coccen mit grossen Schwefelkörnchen.

Fig. 17. 500/1 Gruppe von ellipsoïdischen und Kurzstäbchen-artigen Zellen. Einige schwach gekrümmt.

Fig. 18. 900/1 Coccen- und Kurzstäbchen-artige Schwärmer, z. Th. mit Geisseln versehen; *a* schwefellos, *b* mit einem, *c* mit mehreren Schwefelkörnern.

Fig. 19. 900/1 Stäbchenartige Zellen in verschiedener Grösse, *fgh* in Quertheilung begriffen, *bcdg* begeisselt, *ab* schwefellos; die übrigen mehr oder weniger Schwefel enthaltend, *h* sehr schwefelreich.

Fig. 20. 900/1 Birnförmige mit grossen Schwefelkörnern versehene Zellen.

Fig. 21. 900/1 Stäbchenförmige, begeisselte in Zweitheilung begriffene Zelle.

Fig. 22. 300/1 *a* vor der Cultur, *b* nach mehrtägiger Cultur in Sumpfwasser. Die Coccen haben sich vergrössert, ihre Gallerthülle ist dicker geworden.

Fig. 23. 300/1 *a* am 14. Mai eingestellte Colonie von Coccen. *b* dieselbe nach dreitägiger Cultur im Sumpfwasser. Die Coccen haben sich etwas vergrössert. *c* dieselbe einige Tage später (am 22. Mai). Die Coccen haben sich zu kurzen Stäbchen gestreckt, von denen einige bereits ausschwärmten. Die Schwefelkörnchen sind feiner geworden.

Fig. 24. 300/1 Die links liegende Colonie von fünf Coccenzellen wurde einige Tage im Sumpfwasser cultivirt; es ergab sich die rechts liegende. Die Coccen haben sich durch Zweitheilung vermehrt, und (was vom Lithographen nicht gehörig zum Ausdrucke gebracht ist) sich vergrössert.

Fig. 25a. 300/1 Diese Colonie war anfangs aus gleich grossen Coccen gebildet. Nach mehrtägiger Cultur entwickelten sich die kleinen Coccen theils zu grösseren Coccen, theils zu Stäbchen, wie es die Fig. zeigt.

Fig. 26. 900/1 Hohlkugel aus sehr schwach violetten Stäbchenzuständen gebildet.

Fig. 27. 900/1 Ein Haufe von deutlicher violetter und grösseren Stäbchen. Dazwischen (bei *a*) einige grössere Coccen.

Fig. 28. 900/1 Eine Colonie aus Coccen (*a*) und Stäbchen gebildet, die verschiedene Dimensionen zeigen.

Fig. 29. 900/1 Eine im Zerfliessen begriffene kleine Zoogloea, aus verschieden grossen Stäbchen gebildet.

Fig. 30. 900/1 Begeisselte Schwärmer von Kurzstäbchenform.

Fig. 31. 900/1 Coccenschwärmer, an beiden Polen begeisselt; nur schwach violett und ohne Schwefelkörnchen.

Fig. 32. 900/1 Stäbchen von verschiedener Grösse und Form, z. Th. gekrümmt.

Fig. 33. 900/1 Zoogloea mit einer Cocce und drei verschieden grossen Stäbchen.

Fig. 34. 35. 900/1 Stabförmige, stark schwefelhaltige Zustände.

Fig. 36. 900/1 Zoogloea aus langen dicken Stäbchen oder kurzen Fäden gebildet.

Fig. 37a, b. 900/1 Lange gegliederte bogig gekrümmte Stäbe.

Fig. 38. 900/1 Spirillenzustände von Begg. alba, einige Tage in Wasser cultivirt, die Gliederung in Kurzstäbchen resp. Coccen zeigend.

Tafel VI.

Fig. 1—16. Glaucothrix gracillima.

Fig. 1. 540/1 Junger, noch leptothrixartiger Faden in Langstäbchen gegliedert. Scheide noch kaum entwickelt.

Fig. 2. 540/1 Stück eines eben solchen Fadens, bereits in Micrococcen gegliedert.

Fig. 3. 540/1 Verzweigtes Exemplar bereits in Micrococcen gegliedert.

Fig. 4. 540/1 Sehr schmaler Faden, theils in Langstäbchen *a*, theils in Kurzstäbchen *b* gegegliedert. Sie sind bereits im Austreten aus der Scheide begriffen und haben sich daher theilweis von einander entfernt.

Fig. 5. 540/1 Ein theils Langstäbchen *a*, theils Kurzstäbchen *b*, theils Micrococcen *c* enthaltender z. Th. entleerter Faden.

Fig. 6. 540/1 Oberes Stück eines Fadens, dessen austretende Micrococcen vor der Mündung der Scheide gleichfalls ein Zoogloeahäufchen zu bilden im Begriff sind.

Fig. 7. 540/1 In Verzweigung begriffener Faden, dessen Stäbchen vor der Mündung ein Zoogloeenhäufchen zu bilden im Begriff sind.

Fig. 8. 540/1 Fadenende *b*, eben entleert vor der Mündung mit einem Zoogloeahäufchen *a*, bestehend aus den ausgetretenen Micrococcen. Da die Scheide hier etwas weitlumiger ist, als in Fig. 6, so sind auch die Micrococcen etwas grösser.

Fig. 9. 540/1 Eine etwas grössere Micrococcenzoogloea.

Fig. 10. 540/1 Stäbchen. Zoogloea, die Gallerthöfe der einzelnen Stäbchen wegen Zartheit nicht zu unterscheiden.

Fig. 11. 540/1 Aeltere Stäbchen-Zoogloea. Jedes Stäbchen zeigt einen scharf begrenzten Gallerthof.

Fig. 12. 540/1 Aehnliche Zoogloea aus einer monatealten Cultur. Innerhalb der Gallerthülle der Mutterstäbchen haben meist Theilungen in kürzere Stäbchen, resp. Micrococcen stattgefunden, die bereits in einzelnen Fällen *a* je eine Specialhülle bildeten und sich wiederum theilen *b*. (*Gloeothece*-Typus).

Fig. 13. 14. 250/1 Flexile, spirulinenartige Fäden.

Fig. 15. 250/1 Faden, der bei *a* partielle Schraubenbildung zeigt.

Fig. 16. 250/1 Korkzieherartiger Faden mit 22 gleichartigen ausgezogenen Windungen.

Fig. 17—18. Oscillaria leptotricha Kütz.

Fig. 17. 540/1 Cyprisschale, des Raumes wegen nur z. Th. gezeichnet, mit Fäden der Alge, die z. Th. in Begriff sind in *Synechococcus*-artige Zellen zu zerfallen.

Fig. 18. 540/1 Endstück eines Fadens, nach der Spitze zu rüsselartig verschmälert und in seiner ganzen Ausdehnung in Stäbchen gegliedert.

Fig. 19—31. Tolypothrix Nostoc Zopf.

Fig. 19. 300/1 Stück einer Pflanze, mit links abgehendem Seitenzweig. *a* und *b* heterocystenlose Hormogonien, die aus der Scheide auszutreten im Begriff sind; *h* Heterocysten; *t* todte Zelle.

Fig. 20. 300/1 *a* Hormogonie mit einem terminalen, *b* mit einem intercalaren Heterocysten *h*.

Fig. 21. 300/1 Heterocystenlose Homorgonie. Die gallartige Hülle beginnt sich bereits zu entwickeln.

Fig. 22. 300/1 Hormogonie mit bereits stark entwickelter Gallerthülle. Ihre Zellen z. Th. in Längstheilung begriffen, z. Th. sich gegeneinander verschiebend.

Fig. 23. 300/1 Hormogonie, deren Gallerthülle gleichfalls sich zu entwickeln im Begriff ist; die Zellen z. Th. in Querstreckung, z. Th. schon in Längstheilung begriffen.

Fig. 24. 300/1 Hormogonie mit sehr dicker mehrschichtiger Hülle.

Fig. 25. 300/1 Zwei Hormogonien, die durch fortgesetzte quer zur Fadenachse erfolgende Theilungen sich bereits sehr in die Länge entwickelt haben und schon deutliche Krümmungen zeigen. Hülle noch schwach entwickelt.

Fig. 26. 300/1 Hormogonie mit noch schwacher Gallerthülle. Die Glieder sind in Querstreckung, eines (bei *a*) in Längstheilung begriffen.

Fig. 27. 300/1 Hormogonie, die sich schiffstauartig eingerollt hat, mit noch schwacher Gallerthülle.

Fig. 28. 300/1 Ein Faden der Tolypothrix des Raumes wegen nur in einem Fragment gezeichnet. Die Hormogonie ist zufällig in der Scheide stecken geblieben und zeigt, wie die Hormogonien der früheren Figuren, bereits deutliche Vergallertung. Sie ist indessen erst schwach gekrümmt.

Fig. 29. 300/1 Eine gleichfalls in der Scheide des Tolypothrixfadens stecken gebliebene Hormogonie. Sie ist bereits stark Nostoc-artig gekrümmt und stark vergallertet.

Fig. 30. 300/1 Freie, noch stärker Nostocartig gekrümmte Hormogonie mit noch intensiverer Vergallertung.

Fig. 31. 300/1 Noch ältere Hormogonie mit vielen Krümmungen und starker Vergallertung. Die Gallerthüllen der einzelnen Biegungen nur noch z. Th. deutlich, z. Th. schon mit einander zu gemeinsamer Gallertmasse verschmolzen.

Tafel VII.

Fig. 1—9. Sirosiphon Bornetii Zopf,

mit seiner Zoogloeenform (Gloeocapsa Itzigsohnii Bornet).

Fig. 1. 250/1 Noch sehr junger bereits mit Seitenzweigen versehener Faden; die gelbe Gallerthülle noch nicht sehr entwickelt.

Fig. 2. 250/1 Etwas älterer Fadenzustand. Innerhalb der ursprünglichen Gallertscheide haben die einzelnen Zellen secundäre Hüllen gebildet und sind z. Th. in Längstheilung begriffen. *h* Heterocyst.

Fig. 3. Stück eines noch älteren Fadens; die Seitenzweige haben bei *a b c d e* Aeste getrieben, in denen die Zellen in lebhafter Zweitheilung begriffen sind. Die Gallerthüllen sind hier mehrfach in einander geschachtelt. Die dicken Kurzzweige *a c d e* runden sich bereits gegen den Faden hin ab.

Fig. 4. 500/1 Ein älteres Fadenstück mit zwei Kurzzweigen *B* und *C* und schon ziemlich weitgehender Theilung und Einschachtelung. Die einzelnen Segmentcomplexe runden sich, als Einleitung zu ihrer Isolirung, bereits ab, *A* im Punkte *a* (wo zugleich ein Heterocyst

liegt), *B* bei *b*, *C* bei *c*, *D* bei *d*, *E* bei *e*. An der Peripherie namentlich beginnt schon die Verfärbung in einen schwach rothbraunen Ton hinein.

Fig. 5. 250/1 Stück eines alten Fadens. Die Theilungen im Hauptfaden sowie am Seitenzweige *A* und *D* schon sehr weit vorgeschritten, ebenso die Bildung secundärer Hüllen. Die peripherischen Membrane zu einer continuirlichen Schleimhülle verschmolzen. Die Gloeocapsa, welche sich als Seitenzweig *A* entwickelt hat, wird sich offenbar bei *a*, *D* bei *d* ablösen. Die peripherischen Membranhüllen verfärben sich z. Th. schon ins Rothbraune (bei *C*) um später die intensivere Rothfärbung von Fig. 6 und 7 anzunehmen.

Fig. 6. 250/1 Ein aus dem Fadenverbande bereits gelöster Gloeocapsenartiger Segmentcomplex, mit sehr weit gehenden Theilungen.

Fig. 7. 250/1 Ein ähnlicher Segmentcomplex, allseitig gerundet und mit ziemlich dicker Gallerthülle versehen.

Fig. 8. 540/1 Ein abgelöster Gloeocapsa-artiger Seitenzweig, aus drei Segmentcomplexen bestehend.

Fig. 9. 540/1 Gloeocapsaförmiger bereits isolirter Seitenzweig mit Dauersporenbildung.

Fig. 10—13. Scytonema fecunda Zopf.

Fig. 10. 500/1 Bescheideter Faden mit zwei Hormogonien *a* und *b*.

Fig. 11. 500/1 Hormogonie, deren Zellen sich in scheibenförmige, bereits in Querstreckung und bei *a* schon ins Längstheilung begriffene Glieder getheilt haben. An einzelnen Stellen lockert sich bereits der Verband dieser an beiden Polen sich abrundenden Synechococcus-artigen Glieder.

Fig. 12. 500/1 Hormogonie, deren Glieder sich bereits trennen.

Fig. 13. 500/1 Ein Haufen von Synechococcus-Zellen des Scytonema auf und zwischen entleerten Scheiden der Pflanze liegend.

Fig. 14—20. Phragmonema sordidum Zopf.

Fig. 14. 250/1 Eine kleine Gruppe von Fäden in verschiedenen Entwickelungszuständen. *a*, *b* junge Fäden; *c* älterer Faden, am Ende *α* in Micrococcenbildung begriffen, *β* todte Zelle; *d* ein in Zergliederung begriffener Faden. Das untere Stück bei *α* in Micrococcenbildung begriffen.

Fig. 15. 250/1 Ein Fadenstück bei *a* Micrococcenbildung zeigend, Gallerthülle z. Th. mit Ringen versehen.

Fig. 16. 540/1 Fadenstück, mit stark vergallerteter Scheide, in Micrococcenbildung begriffen. Die dunkleren Partieen der Micrococcen stellen die Chlorophoren dar.

Fig. 17. 540/1 Fadenstück mit Micrococcen, die im Begriff sind aus der zerrissenen Hülle auszutreten.

Fig. 18. 540/1 Micrococcen-Haufen. Die dunkleren Stellen sind die Chlorophoren.

Fig. 19. 540/1 Zur Kugel abgerundete Micrococcen. Chlorophoren z. Th. undeutlich.

Fig. 20. 1000/1 Zwei Zellen mit ihren bandförmigen, verzweigten Chlorophoren.





W. Zopf ad nat. del.

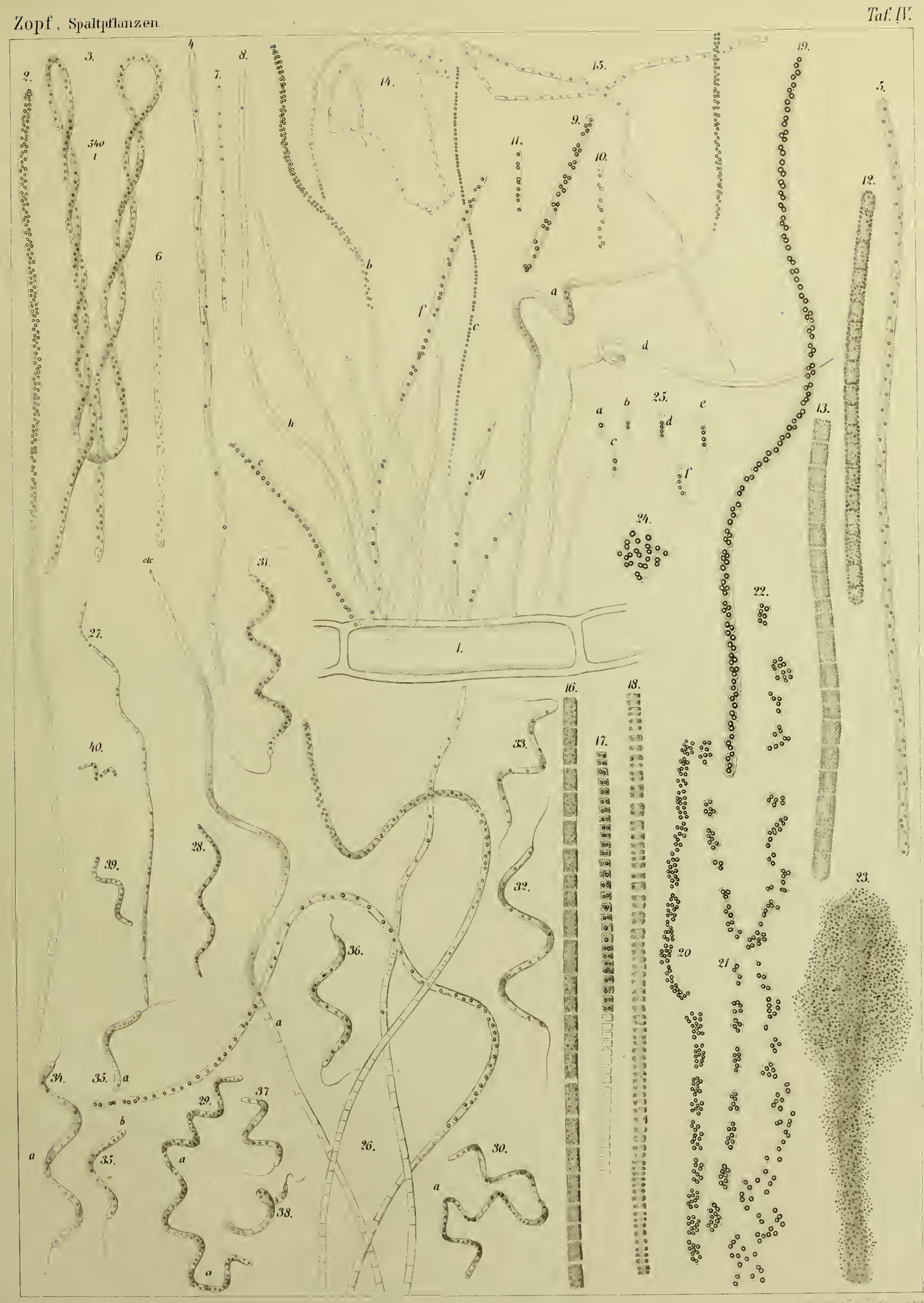
Verlag Veit & Comp. Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



W. Zopf ad nat. del.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.


7.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
31.
29.
30.
32.
33.
34.
8.
11.
12.
37.
15.
14.
35.
36.
13.
16.
10.
9.
17.
28.
23.
22.
25.
24.
21.
26.
19.
27.
18.
20.



W. Zopf ad nat. del.

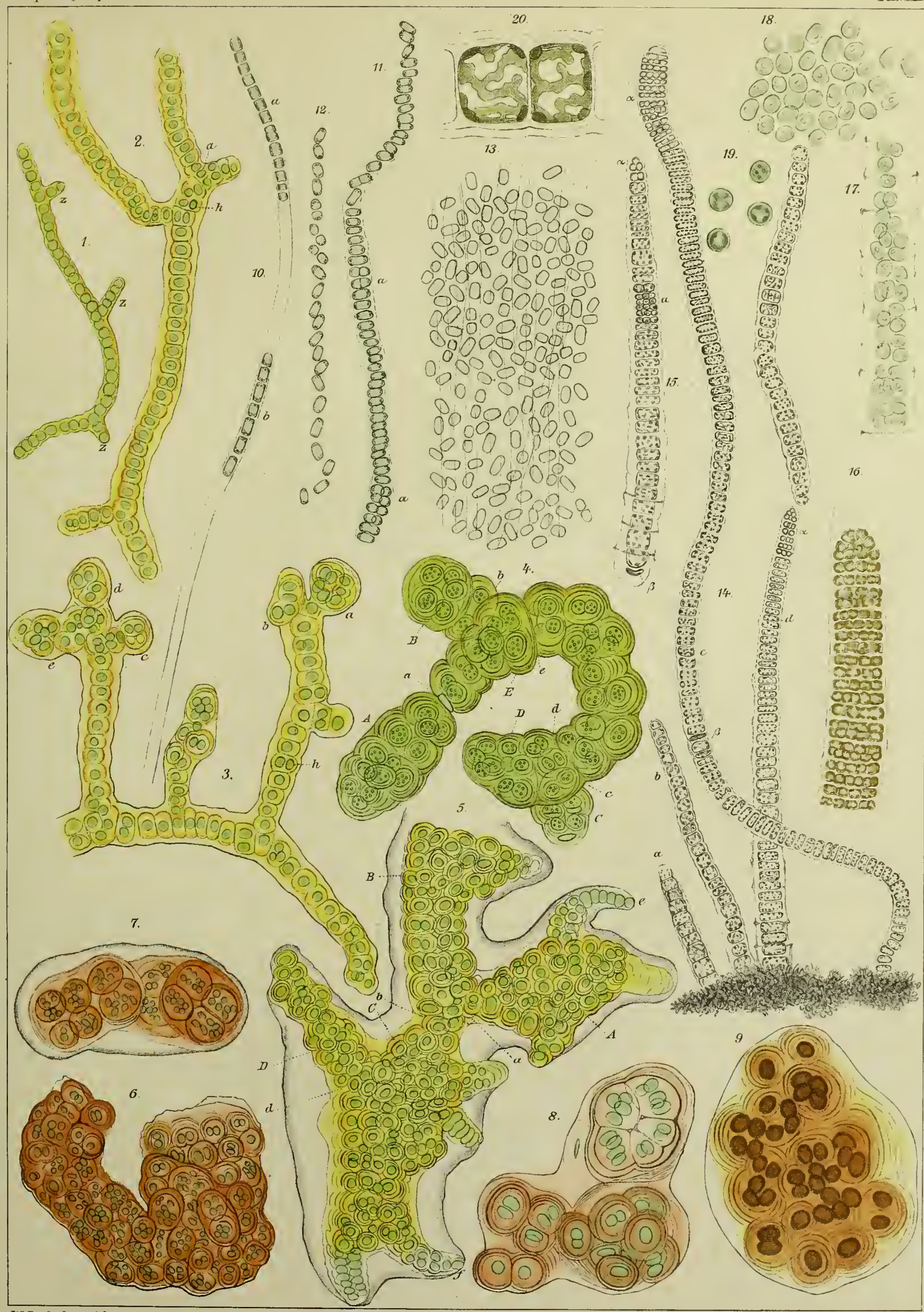
Verlag Veit & Comp. Leipzig



W. Zopf ad nat. del.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.


1
2
3
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31



W Zopf ad nat. del.

Lith Anst. v E.A.Funke Leipzig

Verlag Veit & Comp. Leipzig.

